



TUGAS AKHIR TF 145565

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN
LEVEL MINYAK BERBASIS ATMEGA 8535 PADA
TANGKI TRANSESTERIFIKASI *MINI PLANT*
BIODIESEL DI WORKSHOP INSTRUMENTASI**

**ANDI M FATHURRAHMAN
NRP 2414.031.053**

**Dosen Pembimbing
Ir. Tutug Dhanardono, M.T.
NIP. 19520613 198103 004**

**TEKNIK INSTRUMENTASI
DEPARTEMEN TEKNIK INSTRUMENTASI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**



TUGAS AKHIR TF 145565

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN *LEVEL*
MINYAK BERBASIS ATMEGA 8535 PADA TANGKI
TRANSESTERIFIKASI *MINI PLANT* BIODIESEL DI
WORKSHOP INSTRUMENTASI**

**ANDI M FATHURRAHMAN
NRP 2414 031 053**

**Dosen Pembimbing :
Ir. Tutug Dhanardono, M.T.
NIP. 19520613 198103 004**

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK INSTRUMENTASI
Departemen Teknik Instrumentasi
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**



FINAL PROJECT TF 145565

***CONTROL DESIGN OIL LEVEL BASED ATMEGA
8535 IN ESTERIFICATION TANK MINI PLANT
BIODIESEL ON INSTRUMENTATION WORKSHOP***

**ANDI M FATHURRAHMAN
NRP 2414.031.053**

**ADVISOR LECTURER
Ir. Tutug Dhanardono, M.T.
NIP. 19520613198103004**

***DIPLOMA PROGRAM OF INSTRUMENTATION ENGINEERING
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION ENGINEERING
Faculty of Vocation
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2017***

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN *LEVEL*
MINYAK BERBASIS ATMEGA 8535 PADA TANGKI
TRANSESTERIFIKASI *MINI PLANT* BIODIESEL DI
WORKSHOP INSTRUMENTASI**

TUGAS AKHIR

Oleh :

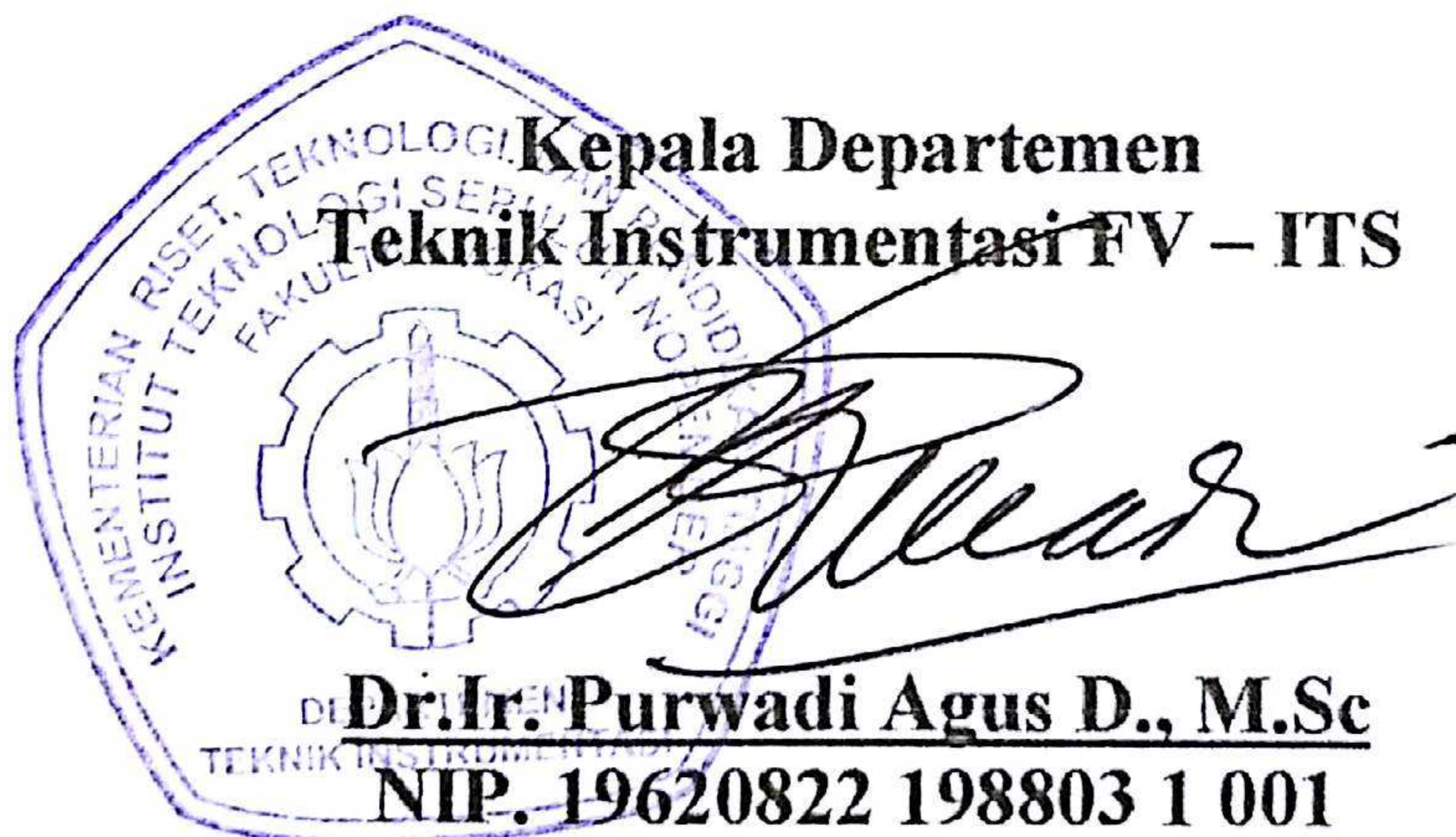
ANDI M FATHURRAHMAN
NRP. 2414 031 053

Surabaya, 27 Juli 2017
Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing



Ir. Tutug Dhanardono, M.T.
NIP. 19520613 198103 1 004



Kepala Departemen
Teknik Instrumentasi FV – ITS
Dr. Ir. Purwadi Agus D., M.Sc
NIP. 19620822 198803 1 001

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN *LEVEL*
MINYAK BERBASIS ATMEGA 8535 PADA TANGKI
TRANSESTERIFIKASI *MINI PLANT* BIODIESEL DI
WORKSHOP INSTRUMENTASI**

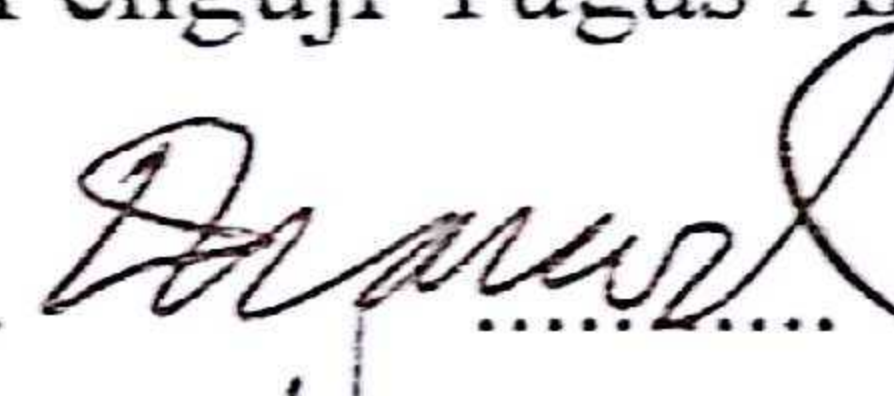

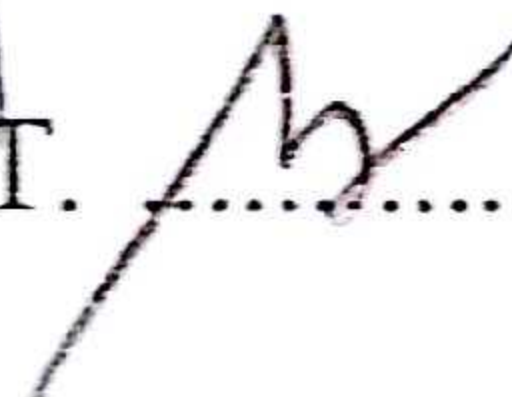
TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
Pada
Program Studi D3 Teknik Instrumentasi
Departemen Teknik Instrumentasi
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Andi M Fathurrahman
NRP. 2414 031 053

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Ir. Tutug Dhanardono M.T.  (Dosen Pembimbing)
2. Ir. Yaumar M.T.  (Ketua Tim Penguji)
3. Dr. Bambang Lelono W. S.T., M.T.  (Dosen Penguji 1)

**SURABAYA
JULI 2017**

“RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN LEVEL MINYAK BERBASIS ATMEGA 8535 PADA TANGKI TRANSESTERIFIKASI *MINI PLANT* BIODIESEL DI WORKSHOP INSTRUMENTASI”

Nama : Andi M Fathurrahman
NRP : 2414 031 053
Program Studi : D3 Teknik Instrumentasi
Dosen Pembimbing : Ir.Tutug Dhanardono, M.T.

Abstrak

Biodiesel merupakan bahan bakar yang terdiri dari campuran mono-alkyl ester dari rantai panjang asam lemak, yang dipakai sebagai alternatif bagi bahan bakar. Tahap pengambilan data didapatkan dari hasil pembacaan sensor photodiode yang terdapat pada LED, agar diketahui tegangan yang masuk saat sensor disinari atau tidak disinari oleh laser. Pada saat pengujian nilai tegangan yang keluar dari photodiode v_1 yang berada di tangki esterifikasi saat terhalang sensor *photodiode* mendapatkan tegangan rata-rata $\pm 0,66611V$ dan apabila sensor mendapat sinar secara langsung maka sensor mendapatkan tegangan rata-rata $\pm 4,8561V$. Pada tangki transesterifikasi saat sensor mendapat sinar secara langsung maka sensor mendapatkan tegangan rata-rata yang keluar sebesar $\pm 01.08V$ dan saat sensor terhalangi oleh minyak maka sensor akan mendapat tegangan rata-rata keluar sebesar $\pm 2,63805V$, dengan merupakan respon sistem *tracking set point* nilai *maximum overshoot* (Mp) adalah 4,95 v. *Peak Time* (Tp) adalah 35,4 s untuk set point 6 cm dan 168,3 s untuk set point 7 cm. Sedangkan *error steady state* adalah 0,01 v dan 0,2 v pada *set point* 7 cm. *Setling time* (Ts) yaitu sebesar 62.2 s dan 173,3 s pada *set point* 7 cm.

Kata kunci : sensor *photodiode* dan sistem pengendalian level minyak

**“CONTROL DESIGN OIL LEVEL BASED ATMEGA 8535
IN ESTERIFICATION TANK MINI PLANT BIODIESEL ON
INSTRUMENTATION WORKSHOP”**

Name : Andi M Fathurrahman
NRP : 2414 031 053
Department : *Instrumentation Engineering Diploma
Program*
Advisor Lecturer : **Ir.Tutug Dhanardono,M.T.**

Abstract

Biodiesel is a fuel consisting of a mixture of mono-alkyl esters of a long chain of fatty acids, used as an alternative to fuel. The data retrieval stage is obtained from the reading of the photodiode sensor on the LED, to know the incoming voltage when the sensor is irradiated or not irradiated by the laser. At the time of testing the voltage values coming out of the photodiode v1 that is in the esterification tank when the photodiode sensor is blocked get the average voltage $\pm 0.66611V$ and if the sensor gets direct light then the sensor gets the average voltage $\pm 4.8561V$. In the transesterification tank when the sensor gets a direct light the sensor will get the average voltage out of $\pm 01.08V$ and when the sensor is blocked by the oil then the sensor will get an average out voltage of $\pm 2.63805V$, with the response of the tracking system set point The maximum overshoot value (Mp) is 4.95 v. Peak Time (Tp) is 35.4 s for set point 6 cm and 168.3 s for set point 7 cm. While steady state error is 0,01 v and 0,2 v at set point 7 cm. Settling time (Ts) that is equal to 62.2 s and 173.3 s on set point 7 cm

Keywords : *Photodiode sensor and oil level control system*

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Bismillahirrahmanirrahiim,

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah *Subhanahuwata'ala* atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga tugas akhir dengan judul **“RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN TRANSFER PRODUK ESTERIFIKASI MENUJU TRANS ESTERIFIKASI BERBASIS ATMEGA 8535 PADA MINI PLANT BIODIESEL DI WORKSHOP INSTRUMENTASI”** dapat terlaksana sampai akhirnya laporan tugas akhir ini dapat penulis susun hingga selesai.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak, diantaranya adalah sebagai berikut.

1. Kepala Jurusan departemen Teknik instrumentasi fakultas VOKASI ITS, Bapak Dr.Ir.Purwadi Agus Darwito, M.Sc.
2. Ir. Tutug Dhanardono selaku pembimbing pada pengerjaan tugas akhir ini.
3. Ketua Laboratorium Workshop Instrumentasi, Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA
4. Detak Yan Pratama ST MSc. selaku dosen wali yang selalu memberikan nasihat dan bimbingan selama penulis kuliah.
5. Orang tua tercinta (Ayahanda Andi Naimuddin dan Ibunda Mardiana) berserta saudara yang mendukung dan mendoakan penulis agar sukses dalam pekerjaan tugas akhir ini.
6. Seluruh mahasiswa Laboratorium Workshop Instrumentasi Teknik Fisika FTI ITS yang telah bersedia meminjamkan berbagai peralatan.
7. Teman-Teman DIII Instrumentasi angkatan 2014 atas kebersamaannya khususnya TA-wan/-wati (Dimas gerry A.W, Lintang gumebyar, Renza yuarifaldi, Atika

Diyanasari, Anak Agung Yuniarta) yang telah bersama-sama berjuang menuju TW 116 ITS.

Dalam pengerjaan tugas akhir ini penulis menyadari bahwa terdapat banyak ketidaksempurnaan, sehingga penulis memohon maaf berserta kritik dan saran apabila terdapat ketidaksempurnaan dalam proses pengerjaan tugas akhir ini.

Surabaya, 19 Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Tugas Akhir	2
1.5 Metodologi Pengujian Alat	3
1.6 Sistematika Laporan	3
1.7 Manfaat	4
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	 5
2.1 Bahan Baku Biodiesel	5
2.2 <i>Mixing Process</i>	9
2.3 Pompa	10
2.4 Sensor <i>Photodiode</i>	11
2.5 Reaksi esterifikasi	12
2.6 Reaksi Transesterifikasi	13
2.7 <i>Solenoid valve</i>	15
2.8 <i>Microcontroller Atmega8535</i>	17
2.9 Sistem pengendalian <i>on/off</i>	26
2.10 Lampu indikator	28
2.11 LCD (<i>Liquid Cristal Display</i>)	29
2.12 <i>Relay</i>	31
 BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT ...	 35
3.1 Diagram Alir Perancangan Alat	35

3.2	Studi Literatur	36
3.3	Persiapan peralatan	36
3.4	Perancangan Sistem dan pembuatan alat	36
BAB IV PENGUJIAN ALAT DAN ANALISA DATA		45
4.1	Pengujian Alat	45
4.2	Pengujian Sistem	45
4.3	Analisa Data.....	49
BAB V PENUTUP.....		51
5.1	Kesimpulan	51
5.2	Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN A DATA SHEET ATMEGA 8535		
MICROCONTROLLER		
LAMPIRAN B DATA SHEET <i>SENSOR PHOTODIODE</i>		
LAMPIRAN C <i>LISTING</i> ATMEGA 8535		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Mixing Tank</i> Pola aliran yang dihasilkan oleh jenis-jenis pengaduk yang berbeda.....	10
Gambar 2.2	Pompa <i>transfer</i> produk.....	10
Gambar 2.3	<i>Solenoid Valve</i>	16
Gambar 2.4	Bagian-Bagian <i>Solenoid Valve</i>	16
Gambar 2.5	ATmega8535.....	18
Gambar 2.6	Fluktuasi Pengendalian <i>On-Off</i>	28
Gambar 2.7	Lampu indikator	29
Gambar 2.8	Konfigurasi LCD 2x16	29
Gambar 2.9.	<i>Relay</i> DC	31
Gambar 2.10	Arus Searah(DC).....	32
Gambar 3.1	Diagram alir perancangan tugas akhir	35
Gambar 3.2	Skema kerja sistem pengendalian level	37
Gambar 3.3	PFD dari miniplant biodiesel	37
Gambar 3.4	PFD proses transfer liquid dari esterifikasi ..	38
Gambar 3.5	Sensor potodioda pada tangki esterifikasi.....	38
Gambar 3.6	Sensor photodioda pada tangkitransester.....	38
Gambar 3.7	Pembacaan tegangan tangki esterifikasi	39
Gambar 3.8	Rangkaian tegangan 5volt	40
Gambar 3.9	Rangkaian <i>Power supply</i>	40
Gambar 3.10	Rangkaian modul <i>relay</i>	41
Gambar 3.11	Tampilan perancangan LCD	42
Gambar 3.12	Proses <i>Download Program</i> cvavr	44
Gambar 4.1	Grafik Nilai sensor photodioda V_1 pada tangki esterifikasi saat tidak terhalang	46
Gambar 4.2	Grafik nilai sensor photodioda V_1 pada tangki esterifikasi saat terhalang	47
Gambar 4.3	Grafik nilai sensor photodioda V_1 pada tangki transesterifikasi saat tidak terhalang.....	48
Gambar 4.4	Grafik nilai sensor photodioda V_1 terhalang....	49
Gambar 4.5	Grafik nilai sensor photodioda V_1 pada tangki transesterifikasi saat terhalang.....	50
Gambar 4.6	Grafik Respon Sistem Pengendalian level.....	51

Gambar 4.7	diagram blok pengendalian level pada tangki transesterifikasi	52
-------------------	---	----

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Sifat fisiko kimia minyak nyamplung.....	6
Tabel 2.2	<i>Pin-pin Port I/O PORT A</i>	20
Tabel 2.3	<i>Pin-pin Port I/O B</i>	21
Tabel 2.4	<i>Pin-pin Port I/O C</i>	22
Tabel 2.5	<i>Pin-pin Port I/O D</i>	23
Tabel 2.6	Konfigurasi LCD 2x16	29
Tabel 2.7	Konfigurasi LCD 2x16(lanjutan).....	30
Tabel 4.1	Pengukuran pembacaan nilai <i>photodiode</i> sensor V_1 tangki esterifikasi tidak terhalang.....	45
Tabel 4.2	Pengukuran pembacaan nilai <i>photodiode</i> sensor V_1 tangki esterifikasi terhalang.....	46
Tabel 4.3	Pengukuran pembacaan nilai <i>photodioda</i> sensor V_1 pada tangki transester saat tidak terhalang	47
Tabel 4.4	Pengukuran pembacaan nilai <i>photodioda</i> sensor V_1 pada tangki transester saat tidak terhalang	48
Tabel 4.5	Pengukuran pembacaan sensor photodioda	49
Tabel 4.6	Respon Sistem <i>Tracking Set point</i>	51

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Biodiesel merupakan bahan bakar yang terdiri dari campuran mono-alkyl ester dari rantai panjang asam lemak, yang dipakai sebagai alternatif bagi bahan bakar dari mesin diesel dan terbuat dari sumber terbarui seperti minyak sayur atau lemak hewan. Sebuah proses dari transesterifikasi lipid digunakan untuk mengubah minyak dasar menjadi ester yang diinginkan dan membuang asam lemak bebas. Setelah melewati proses ini, tidak seperti minyak sayur langsung, biodiesel memiliki sifat pembakaran yang mirip dengan diesel (solar) dari minyak bumi, dan dapat menggantikannya dalam banyak kasus. Namun, dia lebih sering digunakan sebagai penambah untuk diesel petroleum, meningkatkan bahan bakar diesel petrol murni ultra rendah belerang yang rendah pelumas. Proses biodiesel minyak nyamplung menggunakan tiga tahapan proses yang dimana tahap pertama adalah proses *degumming* yang berfungsi menghilangkan getah minyak yang ada pada biji nyamplung proses pemisahan dilakukan dengan menggunakan larutan H_3PO_4 sebagai pencampur dengan minyak biodiesel, kemudian dilakukan pencampuran, pemanasan dan diendapkan setelah proses pengendapan selesai didapatkan minyak biji nyamplung yang telah dihilangkan getahnya. Kemudian larutan akan di transfer ketangki esterifikasi Pada tahap ke dua yaitu esterifikasi dengan mencampurkan larutan H_2SO_4 (asam sulfat) sebagai larutan yang memurunkan kadar *Free Fatty Acid* (FFA) dilakukan proses pemisahan dengan cara dipanaskan dengan suhu yang telah ditentukan dan di campurkan menggunakan asam sulfat, jika didiamkan menyebabkan terjadinya pemisahan lapisan air dan asam akan berada dibawah sedangkan campuran minyak dan *alkil ester* akan berada diatas, setelah terjadi pemisahan hasil dari proses kedua di transfer menuju pada tahap ketiga terjadi proses Transesterifikasi dengan mecampurkan KOH dengan tujuan

mengubah asam-asam lemak dari *Trigliserida* dalam bentuk ester. Proses ini melalui tahapan pemanasan, pencampuran juga pengendapan yang dimana dari tahap ketiga ini akan didapatkan minyak biji nyamplung yang dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar minyak. Setiap proses pemisahan dilakukan transfer menuju proses selanjutnya dengan menggunakan pompa sebagai *actuator*. Oleh karena itu dibuatlah tugas akhir ini dengan judul “RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN LEVEL MINYAK BERBASIS ATMEGA 8535 PADA TANGKI TRANSESTERIFIKASI *MINI PLANT* BIODIESEL DI *WORKSHOP* INSTRUMENTASI”

1.2 Perumusan masalah

Dalam permasalahan yang diangkat tugas akhir ini yaitu Bagaimana merancang dan membangun kontrol level pada tangki pencampuran transesterifikasi pada *miniplant* biodiesel, agar level yang diproses pada tangki pencampuran dapat distabilkan untuk menjaga kualitas dari minyak biodiesel yang berada pada tangki transesterifikasi.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian tugas akhir ini yaitu:

1. *Variabel* proses yang di *control* ditangki transesterifikasi adalah level
2. Metode pengendalian yang digunakan mengotrol level adalah *on/off*
3. Bahan dasar yang digunakan pada mini plant biodiesel adalah minyak biji nyamplung
4. Penambahan monitoring terhadap perubahan tegangan pada sensor

1.4 Tujuan Tugas Akhir

1. Merancang dan membangun pengendalian level menggunakan sensor *photodiode* sebagai sensor, pompa air sebagai aktuator dan Atmega8535 sebagai kontroller agar dapat memberikan hasil yang baik dengan data yang

diinginkan yang saat mentransfer minyak pada tangki transesterifikasi.

1.5 Metodologi Pengujian Alat

Metodologi penelitian dalam pelaksanaan tugas akhir ini, yaitu :

- Studi literatur

Studi literatur meliputi mempelajari dan mahami secara teori mengenai penguunaan Atmega 8535 sebagai pengontrol level pada tangki transesterifikasi.

- Perancangan dan Pembuatan Alat

Dalam perancangan mekanik, dapat menentukan penguunaan actuator yang sesuai juga menentukan penempatan sensor juga actuator.

Perancangan elektrik, mulai dari mengintegrasikan sensor *photodiode* dan Atmega8535 yang dimana keluaran tegangan pada sensor akan ditampilkan dengan LCD.

Perancang *software* dengan menggunakan pemrograman bahasa C yang akan digunakan untuk memprogram Atmega 8535.

1.6 Sistematika laporan

Adapun sistematika dalam laporan tugas akhir ini adalah disusun dengan perincian sebagai berikut :

BAB I Pendahuluan

Bab I menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, sistematika laporan dan manfaat.

BAB II Tinjauan Pustaka

Bab II mengulas tinjauan pustaka yang digunakan sebagai acuan tugas akhir. Bab ini berisi ulasan dari boiler, arduino dan teori penunjang yang lain.

BAB III Perancangan dan Pembuatan Alat

Bab III ini membahas terkait dari perancang alat dan pembuatan alat yang diulas secara detail dari proses awal

pembuatan alat sampai tahap akhir pembuatan alat. Serta dijelaskan proses integrasi antara *hardware* dan *software*.

BAB IV Pengujian dan Analisa

Bab IV mengulas hasil data yang diperoleh dari alat. Bab ini menjelaskan kinerja dari alat untuk mengetahui kemampuan alat.

BAB V Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran yang dapat digunakan untuk rekomendasi tugas akhir atau pengembangan selanjutnya.

1.7 Manfaat

Adapun manfaat yang dapat diambil :

1. Dengan adanya transfer hasil dari esterifikasi ini memudahkan dan mempercepat proses biodiesel tanpa harus di endapkan dahulu.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bahan Baku Biodiesel

Dalam pembuat biodiesel diperlukan tiga komponen utama yaitu minyak biji nyamplung, *Methanol*(CH₃OH), dan katalis(KOH).

2.1.1 Minyak Biji Nyamplung

Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L). Di pohon yang memiliki nama lokal cempaka hutan kasar (Sulawesi-red) ini, distribusinya memang tersebar luas di Indonesia. Mulai dari Sumatra Barat, Riau, Jambi, Sumatra Selatan, Lampung, Jawa, Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, Sulawesi, Maluku, dan Nusa Tenggara Timur. Selain itu pohon ini juga ditemui, di wilayah Malaysia, Filipina, Thailand, dan Papua Nugini. Buah berbentuk bulat seperti peluru dengan bagian ujung meruncing, berwarna hijau terusi, pada saat tua warnanya menjadi kekuningan. Kulit biji yang tipis lambat laun akan menjadi keriput dan mudah mengelupas. Biji yang tersisa berupa daging buah berbentuk bulat dengan ujung meruncing, mengandung minyak berwarna kuning, terutama jika dijemur. Biji yang dijemur kering mengandung air 3,3% dan minyak 71,4%. Minyak ini dapat digunakan sebagai bahan biodiesel, dengan rendemen 50% (1 liter = 2 kg biji) (Balitbang Kehutanan, 2008). Minyak nyamplung diperoleh melalui beberapa tahapan proses, yaitu (1) pengupasan biji dari kulit yang keras; (2) perajangan hingga menjadi irisan tipis; (3) pengeringan dengan panas matahari selama 2 hari; (4) penumbukan; (5) pengukusan; (6) pengepresan atau ekstraksi dengan pelarut organik; (7) deguming atau pemisahan getah dengan asam fosfat 1%. Karakteristik minyak nyamplung sebelum dan sesudah deguming.

Tabel 2.1 Sifat fisiko kimia minyak nyamplung

Karakteristik	Sebelum deguming (crude oil)	Sesudah deguming (refined oil)
Kadar air (%)	0,25	0,41
Densitas pada suhu 20°C (g/ml)	0,944	0,940
Viskositas suhu 40°C (cP)	56,7	53,4
Bilangan asam (mg KOH/g)	59,94	54,18
Kadar asam lemak bebas (%)	29,53	27,21
Bilangan penyabunan (mg KOH/g)	198,1	194,7
Bilangan iod (mg/g)	86,42	85,04
Indeks refraksi	1,447	1,478
Penampakan	Hijau gelap dan kental dengan bau menyengat	Kuning kemerahan dan kental

2.1.2 Alkohol (*Methanol*)

Alkohol yang paling umum digunakan untuk transesterifikasi adalah metanol. Proses metanolisis berkatalisis dapat dilakukan pada suhu ruangan dan akan menghasilkan ester lebih dari 80% beberapa saat setelah ester dilangsungkan (sekitar 5 menit). Pemisahan fase ester dan gliserol berlangsung cepat dan sempurna. Metanol tersedia dalam bentuk absolut yang mudah diperoleh, sehingga hidrolisa dan pembentukan sabun akibat air yang terdapat dalam alkohol. Metanol juga merupakan jenis alkohol dengan berat molekul paling ringan sehingga jumlah yang diperlukan lebih sedikit yaitu sekitar 15 - 20% dari berat minyak sedangkan dengan etanol dibutuhkan 30% dari berat minyak. Metanol diproduksi secara alami oleh metabolisme anaerobik dan menghasilkan uap metanol (dalam jumlah kecil) di udara setelah beberapa hari, uap metanol tersebut akan teroksidasi oleh oksigen dengan bantuan sinar matahari menjadi karbon dioksida dan air^[5]

2.1.3 Katalis (KOH)

Katalis dalam proses produksi biodiesel (misalnya esterifikasi atau transesterifikasi) merupakan suatu bahan

(misalnya basa, asam atau enzim) yang berfungsi untuk mempercepat reaksi dengan jalan menurunkan energi aktivasi (*activation energy*, E_a) dan tidak mengubah kesetimbangan reaksi, serta bersifat sangat spesifik. Proses produksi bisa berlangsung tanpa katalis tetapi reaksi akan berlangsung sangat lambat dan membutuhkan suhu yang tinggi dan tekanan yang tinggi untuk mencapai hasil atau rendemen yang maksimum. Saat ini hampir seluruh reaksi pengolahan biodiesel skala komersial menggunakan katalis basa homogen. Katalis yang bersifat basa lebih umum digunakan pada reaksi transesterifikasi karena menghasilkan metil ester yang tinggi dan waktu yang cepat. Konsentrasi katalis yang umum digunakan adalah 0,5 - 4% dari berat minyak. Secara komersial biodiesel banyak diproduksi dengan transesterifikasi alkali (basa) di bawah tekanan atmosfer, diproses secara batch, dioperasikan pada suhu 60 – 70°C dengan metanol dan akan terbentuk metil ester secara maksimal dalam waktu 60 menit. Hasil atau kandungan metil ester yang diperoleh sekitar 97 – 99% dan proses yang dipilih bergantung dari mutu bahan baku (minyak nabati) awal, jika minyak mempunyai nilai FFA < 0,5 % maka bisa langsung diproses dengan transesterifikasi dengan katalis basa, bila kandungan FFA > 5 % maka proses harus dilakukan dengan Es-trans (esterifikasi-transesterifikasi), setelah reaksi selesai akan terbentuk 2 lapisan, lapisan atas berupa metil ester atau biodiesel serta bagian bawah adalah gliserol (Freedman, 1984). Katalis asam dilakukan dalam rangka mensintesis minyak yang mempunyai nilai FFA tinggi. Katalis asam seperti asam sulfat, asam fosfat, asam klorida cocok untuk reaksi yang mempunyai bilangan asam lemak bebas tinggi. Reaksi katalis asam memerlukan

waktu reaksi jauh lebih panjang dibanding reaksi katalis basa^[6].

2.1.4 ETHANOL (CH_3COOH)

CH_3COOH digunakan sebagai pelarut katalis dalam pencampuran biodiesel Asam asetat adalah senyawa kimia asam organik yang dapat di produksi dalam berbagai konsentrasi. dalam bentuk murni asam asetat di kenal sebagai asam asetat glasial karena berubah menjadi kristal jika dalam suhu dingin. Asam asetat atau asam cuka dapat juga digunakan untuk pemberi rasa asam dan aroma pada makanan, Asam asetat juga digunakan dalam produksi polimer seperti polietilena teraflalat, selulosa asetat dan polivin asetat, maupun berbagai macam serat dan kain. Asam asetat bersifat korosif terhadap banyak logam seperti besi, magnesium, dan seng, membentuk gas hidrogen dan garam-garam asetat (disebut logam asetat). Logam asetat juga dapat diperoleh dengan reaksi asam asetat dengan suatu basa yang cocok. Contoh yang terkenal adalah reaksi soda kue (Natrium bikarbonat) bereaksi dengan cuka. Hapir semua garam asetat larut dengan baik dalam air. Salah satu pengecualian adalah kromium (II) asetat

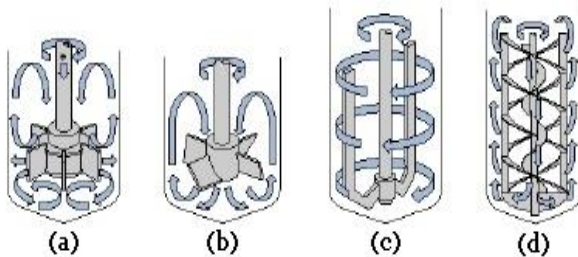
2.1.5 METHANOL (CH_3OH)

Metanol digunakan secara terbatas dalam mesin pembakaran dalam, dikarenakan metanol tidak mudah terbakar dibandingkan dengan bensin. Metanol campuran merupakan bahan bakar dalam model radio kontrol. Salah satu kelemahan metanol sebagai bahan bakar adalah sifat korosi terhadap beberapa logam, termasuk aluminium. Metanol, merupakan asam lemah, menyerang lapisan oksida yang biasanya melindungi aluminium dari korosi.

Ketika diproduksi dari kayu atau bahan organik lainnya, metanol organik tersebut merupakan bahan bakar terbaru yang dapat menggantikan hidrokarbon. Namun mobil modern pun masih tidak bisa menggunakan BA100 (100% bioalkohol) sebagai bahan bakar tanpa modifikasi. Metanol juga digunakan sebagai solven dan sebagai antifreeze, dan fluida pencuci kaca depan mobil. Penggunaan metanol terbanyak adalah sebagai bahan pembuat bahan kimia lainnya. Sekitar 40% metanol diubah menjadi formaldehide, dan dari sana menjadi berbagai macam produk seperti plastik, plywood, cat, peledak, dan tekstil. Dalam beberapa pabrik pengolahan air limbah, sejumlah kecil metanol digunakan ke air limbah sebagai bahan makanan karbon untuk denitrifikasi bakteri, yang mengubah nitrat menjadi nitrogen. Bahan bakar direct- methanol unik karena suhunya yang rendah dan beroperasi pada tekanan atmosfer, ditambah lagi dengan penyimpanan dan penanganan yang mudah dan aman membuat methanol dapat digunakan dalam perlengkapan elektronik^[6].

2.2 *Mixing Process*

Mixing process merupakan suatu proses membaurkan beberapa bahan menjadi satu kesatuan dengan presentase tertentu sehingga menghasilkan produk baru yang homogen. Contoh dari proses pencampuran cair-cair yaitu seperti sirup, bahan-bahan kimia, minuman kaleng dan sebagainya. Dalam proses tersebut diperlukan gaya mekanik sebagai penggerak alat pengaduk sehingga proses pencampuran dapat berjalan dengan baik. Ada beberapa metode dalam proses pencampuran seperti penyemprotan dan mengeluarkan gas ke dalam cairan. Namun metode yang paling sering digunakan yaitu dengan metode turbulensi dimana bahan-bahan yang akan dicampur dimasukkan kedalam bejana kemudian diaduk^[7].



Gambar 2.1. *Mixing Tank* Pola aliran yang dihasilkan oleh jenis-jenis pengaduk yang berbeda, (a) *Impeller*, (b) *Propeller*, (c) *Paddle* dan (d) *Helical ribbon*

Selain itu salah satu hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan peralatan yang harus digunakan dalam pencampuran adalah fase dari bahan yang akan dicampur. Berikut akan dibahas pencampuran berdasarkan fase dari bahan yang dicampur

2.3 Pompa

Pompa adalah mesin untuk menggerakkan fluida. Pompa menggerakkan fluida dari tempat bertekanan rendah ke tempat dengan tekanan yang lebih tinggi, untuk mengatasi perbedaan tekanan ini maka diperlukan tenaga (energi). Pompa untuk udara biasa disebut kompresor, kecuali untuk beberapa aplikasi bertekanan rendah, seperti di ventilasi, pemanas, dan pendingin ruangan maka sebutanya menjadi kipas atau penghembus (*blower*).



Gambar 2.2. *Pompa transfer produk*

Pompa beroperasi dengan prinsip membuat perbedaan tekanan antara bagian hisap (*suction*) dan bagian tekan (*discharge*). Perbedaan tekanan tersebut dihasilkan dari sebuah mekanisme misalkan putaran roda impeler yang membuat keadaan sisi hisap nyaris vakum. Perbedaan tekanan inilah yang mengisap cairan sehingga dapat berpindah dari suatu reservoir ke tempat lain. Pada jaman modern ini, posisi pompa menduduki tempat yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Pompa memerankan peranan yang sangat penting bagi berbagai industri misalnya industri air minum, minyak, petrokimia, pusat tenaga listrik dan sebagainya. Pompa juga dapat digunakan pada proses-proses yang membutuhkan tekanan hidraulik yang besar. Hal ini bisa dijumpai antara lain pada peralatan-peralatan berat. Dalam operasi, mesin-mesin peralatan berat membutuhkan tekanan discharge yang besar dan tekanan isap yang rendah. Akibat tekanan yang rendah pada sisi isap pompa maka fluida akan naik dari kedalaman tertentu, sedangkan akibat tekanan yang tinggi pada sisi discharge akan memaksa fluida untuk naik sampai pada ketinggian yang diinginkan. Dalam aplikasi kehidupan sehari-hari banyak sekali aplikasi yang berkaitan dengan pompa. Contoh pompa yang di temui dalam kehidupan sehari-hari antara lain pompa air, pompa diesel, pompa hydram, pompa bahan bakar dan lain-lain. Dari sekian banyak pompa yang ada tentunya mempunyai prinsip kerja dan kegunaan yang berbeda-beda, walaupun pada akhirnya pompa adalah alat yang di gunakan untuk memberikan tekanan yang tinggi pada fluida

2.4 Sensor Photodiode

Photodiode adalah suatu jenis diode yang resistansinya berubah-ubah kalau cahaya yang jatuh pada diode berubahubah intensitasnya. Dalam gelap nilai tahanannya sangat besar hingga praktis tidak ada arus yang mengalir. Semakin kuat cahaya yang jatuh pada diode maka makin kecil nilai tahanannya, sehingga arus yang mengalir semakin besar. Jika photodiode persambungan p-n bertegangan balik disinari, maka arus akan berubah secara linier dengan kenaikan fluks cahaya yang

dikenakan pada persambungan tersebut. Photodioda terbuat dari bahan semikonduktor. Biasanya yang dipakai adalah silicon (Si) atau gallium arsenide (GaAs), dan lain-lain termasuk indium antimonide (InSb), indium arsenide (InAs), lead selenide (PbSe), dan timah sulfide (PbS). Bahan-bahan ini menyerap cahaya melalui karakteristik jangkauan panjang gelombang, misalnya: 250 nm ke 1100 nm untuk silicon, dan 800 nm ke 2,0 μm untuk GaAs.

Photodioda dibuat dari semikonduktor dengan bahan yang populer adalah silicon (Si) atau galium arsenida (GaAs), dan yang lain meliputi InSb, InAs, PbSe. Material ini menyerap cahaya dengan karakteristik panjang gelombang mencakup: 2500 Å – 11000 Å untuk silicon, 8000 Å – 20,000 Å untuk GaAs. Ketika sebuah photon (satu satuan energi dalam cahaya) dari sumber cahaya diserap, hal tersebut membangkitkan suatu elektron dan menghasilkan sepasang pembawa muatan tunggal, sebuah elektron dan sebuah hole, di mana suatu hole adalah bagian dari kisi-kisi semikonduktor yang kehilangan elektron. Arah Arus yang melalui sebuah semikonduktor adalah kebalikan dengan gerak muatan pembawa. Cara tersebut didalam sebuah photodiode digunakan untuk mengumpulkan photon – menyebabkan pembawa muatan (seperti arus atau tegangan) mengalir/terbentuk di bagian-bagian elektroda.

2.5 Reaksi Esterifikasi

Proses esterifikasi adalah reaksi reversibel dimana asam lemak bebas (free fatty acid/FFA) dikonversi menjadi alkil ester melalui katalis asam (HCl atau umumnya H_2SO_4). Ketika konsentrasi asam lemak bebas dalam minyak tinggi, seperti dalam CPO parit, esterifikasi simultan dan reaksi transesterifikasi melalui katalis asam dapat berpotensi untuk mendapatkan konversi biodiesel yang hampir sempurna. Proses esterifikasi mengikuti mekanisme reaksi yang sama seperti transesterifikasi katalis asam mengilustrasikan mekanisme esterifikasi asam

karboksilat rantai pendek seperti asam asetat dalam medium homogen dimulai dengan protonasi gugus karbonil.

Esterifikasi umumnya dilakukan untuk membuat biodiesel dari minyak berkadar FFA tinggi. Pada tahap ini, asam lemak bebas akan dikonversikan menjadi metil ester. Tahap esterifikasi biasanya diikuti dengan tahap transesterifikasi, tetapi sebelum produk esterifikasi diumpankan ke tahap transesterifikasi, air dan bagian terbesar katalis asam yang dikandungnya harus disingkirkan terlebih dahulu.

2.6 Reaksi Transesterifikasi

Bila bahan baku minyak yang digunakan merupakan minyak yang telah diproses (refined fatty oil) dengan kadar air dan asam lemak bebas yang rendah, maka proses esterifikasi dengan katalis alkalin bisa langsung dilakukan terhadap minyak tersebut.

Transesterifikasi pada dasarnya terdiri atas 4 tahapan, yakni:

1. Pencampuran katalis alkalin (umumnya sodium hidroksida atau potassium hidroksida) dengan alkohol (umumnya methanol). Konsentrasi alkalin yang digunakan bervariasi antara 0.5 – 1 wt% terhadap massa minyak. Sedangkan alkohol diset pada rasio molar antara alkohol terhadap minyak sebesar 9:1.
2. Pencampuran alkohol + alkalin dengan minyak di dalam wadah yang dijaga pada temperatur tertentu (sekitar 40 – 60 °C) dan dilengkapi dengan pengaduk (baik magnetik ataupun motor elektrik) dengan kecepatan konstan (umumnya pada 600 rpm – putaran per-menit). Keberadaan pengaduk sangat penting untuk memastikan terjadinya reaksi methanolisis secara menyeluruh di dalam campuran. Reaksi methanolisis ini dilakukan sekitar 1 – 2 jam.
3. Setelah reaksi methanolisis berhenti, campuran didiamkan dan perbedaan densitas senyawa di dalam campuran akan mengakibatkan separasi antara metil ester dan gliserol. Metil ester dipisahkan dari gliserol dengan teknik separasi gravitasi.

4. Metil ester yang notabene biodiesel tersebut kemudian dibersihkan menggunakan air distilat untuk memisahkan zat-zat pengotor seperti methanol, sisa katalis alkalin, gliserol, dan sabun-sabun (soaps). Lebih tingginya densitas air dibandingkan dengan metil ester menyebabkan prinsip separasi gravitasi berlaku: air berposisi di bagian bawah sedangkan metil ester di bagian atas.

- Katalis biologis (*biocatalyst*)

Beberapa kritik yang ditujukan terhadap proses transesterifikasi kimiawi adalah tingginya konsumsi energi proses serta masih terikutnya senyawa-senyawa pengotor dalam metil ester, seperti (mono, di) gliserida, gliserol, air, dan katalis alkalin yang dipergunakan. Pemurnian metil ester terhadap senyawa-senyawa pengotor tersebut memerlukan tambahan energi dan material dalam proses transesterifikasi minyak menjadi biodiesel. mengajukan teknik katalisasi biologis (*biocatalysis*) untuk memproduksi biodiesel, oleic acid alkyl ester (dalam hal ini butil oleat), dari triolein menggunakan beberapa macam katalis biologis, yakni *Candida Antarctica B*, *Rizhomucor Miehei*, dan *Pseudomonas Cepacia*. Karena mahalanya harga katalis biologis dibandingkan katalis kimiawi, maka penggunaan katalis biologis tersebut dilakukan dengan cara immobilisasi pada katalis. Teknik ini sekaligus memungkinkan dilakukannya proses kontinyu dalam produksi biodiesel. Dari hasil pengujian yang dilakukan, ditemukan bahwa *Pseudomonas Cepacia* merupakan katalis biologis yang paling baik dalam menghasilkan 100% butil oleat (oleic acid ethyl ester) dalam waktu 6 jam. Temperatur optimum reaksi ini adalah 40 C.

Juga menggunakan jalur katalis biologis untuk memproduksi biodiesel dari minyak tumbuhan. Mereka membuat katalis padat (solid catalyst) dari gula dengan cara melakukan pirolisis terhadap senyawa gula (D-glucose dan sucrose) pada temperatur

di atas 300 C. Proses ini menyebabkan karbonisasi tak sempurna terhadap senyawa gula dan terbentuknya lembar-lembar karbon aromatik polisiklis (polycyclic aromatic carbon sheets). Asam sulfat (sulphuric acid) kemudian digunakan untuk mensulfonasi cincin aromatik tersebut sehingga menghasilkan katalis. Katalis padat yang dihasilkan dengan cara ini disebutkan memiliki kemampuan mengkonversi minyak tumbuhan menjadi biodiesel lebih tinggi dibandingkan katalis asam sulfat cair ataupun katalis asam padat lain yang telah ada sebelumnya^[6].

Transesterifikasi tanpa katalis

Proses transesterifikasi pada minyak kedelai (soybean oil) menggunakan methanol superkritik dan co-solvent CO₂. Tidak adanya katalis pada proses ini memberikan keuntungan tidak diperlukannya proses purifikasi metil ester terhadap katalis yang biasanya terikut pada produk proses transesterifikasi konvensional menggunakan katalis asam/basa. melakukan perbaikan pada proses transesterifikasi menggunakan methanol superkritik dengan menambahkan co-solvent CO₂ yang berfungsi untuk menurunkan tekanan dan temperatur operasi proses transesterifikasi. Hal ini berkorelasi langsung pada lebih rendahnya energi yang diperlukan dalam proses transesterifikasi menggunakan methanol superkritik. Namun demikian, temperatur yang terlibat dalam proses yang dilakukan masih cukup tinggi, yakni sekitar 280 C.

2.7 Solenoid Valve

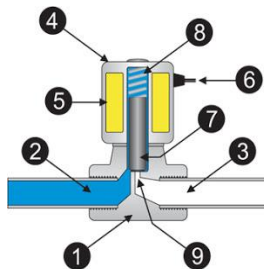
Solenoid adalah katup yang digerakan oleh energi listrik melalui solenoida, mempunyai kumparan sebagai penggeraknya yang berfungsi untuk menggerakkan piston yang dapat digerakan oleh arus AC maupun DC, solenoid valve *pneumatic* atau katup (*valve*) solenoida mempunyai lubang keluaran, lubang masukan dan lubang *exhaust*.

Lubang masukan, berfungsi sebagai terminal / tempat udara bertekanan masuk atau *supply* (*service unit*), sedangkan lubang keluaran berfungsi sebagai terminal atau tempat tekanan angin keluar yang dihubungkan ke *pneumatic*, dan lubang exhaust, berfungsi sebagai saluran untuk mengeluarkan udara bertekanan yang terjebak saat *plunger* bergerak atau pindah posisi ketika solenoid *valve pneumatic* bekerja.



Gambar 2.3. *Solenoid Valve* ^[12]

Prinsip kerja dari solenoid valve yaitu katup listrik yang mempunyai koil sebagai penggerakanya dimana ketika koil mendapat supply tegangan maka koil tersebut akan berubah menjadi medan magnet sehingga menggerakkan piston pada bagian dalamnya ketika piston bertekanan yang berasal dari supply (*service unit*), pada umumnya *solenoid valve pneumatic* ini mempunyai tegangan kerja 100/200 VAC namun ada juga yang mempunyai tegangan kerja DC:



Gambar 2.4. Bagian-Bagian *Solenoid Valve* ^[12]

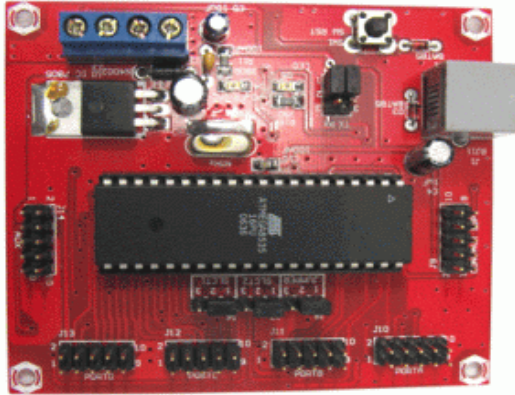
Keterangan:

1. *Valve body*
2. Terminal masukan (*inlet port*)
3. Terminal keluaran (*outlet port*)
4. Koil / koil *solenoid*
5. Kumparan
6. Kabel suplai tegangan
7. *Plunger*
8. *Spring*
9. Lubang / *exhaust*

2.8 Mikrokontroller Atmega 8535

Mikrokontroller adalah 'suatu mikroprosesor plus'. Beberapa pendapat tentang Mikrokontroller adalah pusat kerja dari suatu sistem elektronika seperti halnya mikroprosesor sebagai otak komputer. Adapun nilai plus bagi mikrokontroller adalah terdapatnya memori dan port input/output dalam suatu kemasan IC yang kompak. Kemampuannya yang programmable, fitur yang lengkap seperti ADC internal, EEPROM internal, port I/O, komunikasi serial. Juga harga yang terjangkau memungkinkan mikrokontroller digunakan pada berbagai sistem elektronis, seperti pada robot, automasi industri, sistem alarm, peralatan telekomunikasi, hingga sistem keamanan. Mikrokontroler AVR memiliki arsitektur RISC 8 bit, dimana semua instruksi dikemas dalam kode 16 bit dan sebagian besar instruksi dalam 1 (satu) siklus clock, berbeda dengan instruksi MCS51 yang membutuhkan 12 siklus clock. Hal ini terjadi karena kedua jenis mikrokontroler tersebut memiliki arsitektur yang berbeda. AVR berteknologi RISC (Reduced Instruction Set Computing), sedangkan seri MCS51 berteknologi CISC (*Complex Instruction Set Computing*). "Secara umum, AVR dapat dikelompokkan menjadi 4 kelas, yaitu keluarga ATtiny, keluarga AT90Sxx, keluarga ATmega, dan AT86RFxx. Pada dasarnya, yang membedakan masing-masing kelas adalah memori,

peripheral, dan fungsinya, dari segi arsitektur dan instruksi yang digunakan, mereka bisa dikatakan sama, piranti dapat diprogram secara in-system programming (ISP) dan dapat diprogram berulang-ulang selama 10.000 kali baca/tulis didalam sistem



Gambar 2.5 ATmega8535^[10]

2.8.1 Arsitektur ATmega 8535

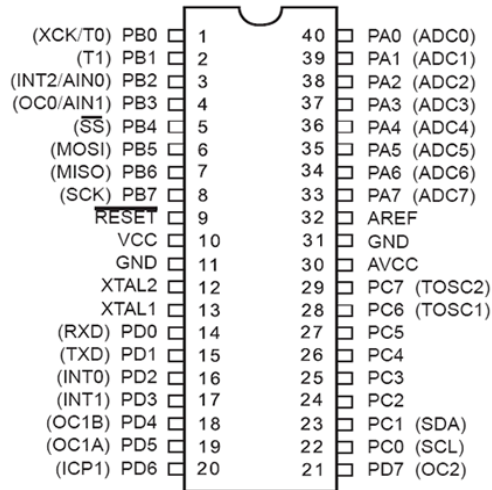
Spesifikasi arsitektur yang terdapat pada ATmega 8535 sebagai berikut :

- a. Saluran IO sebanyak 32 buah, yaitu *port A*, *port B*, *port C* dan *port D*
- b. ADC 10 bit sebanyak 8 *channel*
- c. Tiga buah *timer / counter*
- d. 32 *register*
- e. *Watchdog timer* dengan *oscillator* internal
- f. SRAM sebanyak 512 *byte*
- g. Memori *Flash* sebesar 8 kb
- h. Sumber *interrupt* internal dan eksternal
- i. *Port SPI (Serial Pheriperal Interface)*
- j. EEPROM on board sebanyak 512 *byte*
- k. Komparator *analog*
- l. *Port USART (Universal Shynchronous Ashynchronous Receiver Transmitter)*
- m. Konfigurasi *Pin* ATmega8535

2.7.1 Mikrokontroler ATmega 8535

Mikrokontroler ATmega 8535 memiliki 40 *pin* dan 4 *port* dengan susunan seperti pada gambar 2.10 dengan masing-masing dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. VCC merupakan *pin* yang berfungsi sebagai *pin* masukan catu daya
- b. GND merupakan *pin ground*
- c. *Port A* (PA0...PA7) merupakan *pin I/O* dan *pin* masukan ADC
- d. *Port B* (PB0...PB7) merupakan *pin I/O* dan *pin* yang mempunyai fungsi khusus yaitu *timer/counter*, komparator analog dan SPI
- e. *Port C* (PC0...PC7) merupakan *port I/O* dan *pin* yang mempunyai fungsi khusus, yaitu komparator analog dan *timer oscillator*
- f. *Port D* (PD0...PD1) merupakan *port I/O* dan *pin* fungsi khusus yaitu komparator analog dan *interrupt eksternal* serta komunikasi serial
- g. RESET merupakan *pin* yang digunakan untuk mereset mikrokontroler
- h. XTAL1 dan XTAL2 merupakan *pin* masukan *clock eksternal*
- i. AVCC merupakan *pin* masukan untuk tegangan ADC
- j. AREF merupakan *pin* masukan tegangan referensi untuk ADC



Gambar 2.6 Konfigurasi *pin* IC ATmega 8535^[7]

Port A

Pada port A merupakan 8-bit *directional port* I/O. Setiap *pin*nya dapat menyediakan *internal pull-up* resistor (dapat diatur per bit). *Output buffer* Port A dapat memberi arus 20 mA dan dapat mengendalikan *display* LED secara langsung. *Data Direction Register* port A (DDRA) harus disetting terlebih dahulu sebelum Port A digunakan. Bit-bit DDRA diisi 0 jika ingin memfungsikan *pin-pin* port A yang bersesuaian sebagai *input*, atau diisi 1 jika sebagai *output*. Selain itu, kedelapan *pin* port A juga digunakan untuk masukan sinyal analog bagi A/D converter^[7].

Tabel 2.2 *Pin-pin* Port I/O PORT A

<i>Pin</i>	Keterangan
PA.7	ADC7 (ADC <i>Input Channel</i> 7)

PA.6	ADC6 (ADC Input Channel 6)
PA.5	ADC7 (ADC Input Channel 5)
PA.5	ADC4 (ADC Input Channel 4)
PA.3	ADC3 (ADC Input Channel 3)
PA.2	ADC2 (ADC Input Channel 2)
PA.1	ADC1 (ADC Input Channel 1)
PA.0	ADC0 (ADC Input Channel 0)

Port B

Pada Port B merupakan 8-bit *directional port* I/O. Setiap *pin*nya dapat menyediakan *internal pull-up* resistor (dapat diatur per bit). *Output buffer* Port B dapat memberi arus 20 mA dan dapat mengendalikan *display* LED secara langsung. Data Direction Register *port* B (DDRB) harus disetting terlebih dahulu sebelum *Port* B digunakan. Bit-bit DDRB diisi 0 jika ingin memfungsikan *pin-pin port* B yang bersesuaian sebagai *input*, atau diisi 1 jika sebagai *output*. *Pin-pin port* B juga memiliki untuk fungsi-fungsi alternatif khusus seperti yang dapat dilihat dalam tabel berikut 2.1 *Pin-pin port* I/O PORT B^[7].

Tabel 2.3 *Pin-pin Port* I/O PORT B

<i>Port Pin</i>	Fungsi Khusus
PB0	T0 = timer/counter 0 external counter input
PB1	T1 = timer/counter 0 external counter input

PB2	AIN0 = <i>analog comparator positive input</i>
PB3	AIN1 = <i>analog comparator negative input</i>
PB4	SS = <i>SPI slave select input</i>
PB5	MOSI = <i>SPI bus master output / slave input</i>
PB6	MISO = <i>SPI bus master input / slave output</i>
PB7	SCK = <i>SPI bus serial clock</i>

Port C

Pada Port C merupakan 8-bit *directional port* I/O. Setiap *pin*nya dapat menyediakan *internal pull-up* resistor (dapat diatur per bit). *Output buffer* Port C dapat memberi arus 20 mA dan dapat mengendalikan *display* LED secara langsung. Data *Direction Register* port C (DDRC) harus disetting terlebih dahulu sebelum Port C digunakan. Bit-bit DDRC diisi 0 jika ingin memfungsikan *pin-pin* port C yang bersesuaian sebagai *input*, atau diisi 1 jika sebagai *output*. Selain itu, dua *pin* port C (PC6 dan PC7) juga memiliki fungsi alternatif sebagai *oscillator* untuk *timer/counter* 2.

Tabel 2.4 *Pin-pin Port I/O PORT C*

<i>Pin</i>	Keterangan
PC.7	TOSC2 (<i>Timer Oscillator Pin</i> 2)
PC.6	TOSC1 (<i>Timer Oscillator Pin</i> 1)
PC.1	SDA (<i>Two-Wire Serial Bus Data Input/Output Line</i>)
PC.0	SCL (<i>Two-Wire Serial Bus Clock Line</i>)

Port D

Pada Port D merupakan 8-bit *directional port* I/O. Setiap *pin*nya dapat menyediakan *internal pull-up* resistor (dapat diatur per bit). *Output buffer* Port D dapat memberi arus 20 mA dan dapat mengendalikan *display* LED secara langsung. Data *direction register* port D (DDRD) harus di *setting*

terlebih dahulu sebelum *Port D* digunakan. *Pin* pada *port D* juga memiliki untuk fungsi yaitu. ^[7]

Tabel 2.5 *Pin – pin Port I/O PORT D*

<i>Port</i>	Fungsi khusus
PD0	RDX (UART <i>input</i> line)
PD1	TDX (UART <i>output</i> line)
PD2	INT0 (external interrupt 0 <i>input</i>)
PD3	INT1 (external interrupt 1 <i>input</i>)
PD4	OC1B (Timer <i>output</i> compareB match <i>output</i>)
PD5	OC1A (Counter1 <i>output</i> compareA match <i>output</i>)
PD6	ICP (Timer/counter1 <i>input</i> capture <i>pin</i>)
PD7	OC2 (Timer <i>output</i> compare match <i>output</i>)

2.7.3 Catu Daya

Catu daya merupakan daya untuk menjalankan peralatan elektronik yang dapat diperoleh dari baterai atau sumber lainnya. Arduino dapat diberikan *power* melalui koneksi USB atau *power supply*. *Power supply* dapat menggunakan *adaptor* DC atau baterai. *Adaptor* dapat dikoneksikan dengan menggunakan *jack adaptor* pada koneksi *port* input *supply*. *Board* Atmega8535 dapat dioperasikan menggunakan *supply* dari luar sebesar 7-12 volt. Jika *supply* kurang dari 7V akan menyebabkan *board* menjadi tidak stabil. Jika menggunakan lebih dari 12V, tegangan di regulator akan sangat panas dan dapat menyebabkan kerusakan pada *board*. Rekomendasi tegangan ada pada 7 hingga 12 volt. Penjelasan pada pin *power* adalah sebagai berikut :

- Vin

Tegangan input ke *board* Atmega8535 ketika menggunakan tegangan dari luar (seperti yang disebutkan 5 volt dari koneksi USB atau tegangan

yang diregulasikan). Pengguna dapat memberikan tegangan melalui pin ini, atau tegangan suplai menggunakan power jack, aksesnya menggunakan pin ini.

- 5V
Regulasi *power supply* digunakan untuk power mikrokontroller dan komponen lainnya pada *board*. 5V dapat melalui Vin menggunakan regulator pada *board*, atau *supply* oleh USB atau *supply* regulasi 5V lainnya.
- 3V3
Suplai 3.3 volt didapat oleh FTDI chip yang ada di *board*. Arus maximumnya adalah 50 Ma.
- Pin Ground
Pin ground berfungsi sebagai jalur ground pada Atmega8535.

2.7.4 Memori

Mikrokontroler ATmega8535 memiliki 3 jenis memori, yaitu memori program, memori data dan memori EEPROM. Ketiganya memiliki ruang sendiri dan terpisah.

a. Memori program

ATmega8535 memiliki kapasitas memori program sebesar 8 Kbyte yang terpetakan dari alamat 0000h – 0FFFh dimana masing-masing alamat memiliki lebar data 16 bit. Memori program ini terbagi menjadi 2 bagian yaitu bagian program boot dan bagian program aplikasi.

b. Memori data

ATmega8535 memiliki kapasitas memori data sebesar 608 byte yang terbagi menjadi 3 bagian yaitu register serba guna, register I/O dan SRAM. ATmega8535 memiliki 32 byte register serba guna, 64 byte register I/O yang dapat diakses sebagai bagian dari memori RAM (menggunakan instruksi LD atau ST) atau dapat juga diakses sebagai

I/O (menggunakan instruksi IN atau OUT), dan 512 byte digunakan untuk memori data SRAM.

c. Memori EEPROM

ATmega8535 memiliki memori EEPROM sebesar 512 byte yang terpisah dari memori program maupun memori data. Memori EEPROM ini hanya dapat diakses dengan menggunakan register-register I/O yaitu register EEPROM Address, register EEPROM Data, dan register EEPROM Control. Untuk mengakses memori EEPROM ini diperlakukan seperti mengakses data eksternal, sehingga waktu eksekusinya relatif lebih lama bila dibandingkan dengan mengakses data dari SRAM.

ATmega8535 merupakan tipe AVR yang telah dilengkapi dengan 8 saluran ADC internal dengan fidelitas 10 bit. Dalam mode operasinya, ADC ATmega8535 dapat dikonfigurasi, baik secara single ended input maupun differential input. Selain itu, ADC ATmega8535 memiliki konfigurasi pewaktuan, tegangan referensi, mode operasi, dan kemampuan filter derau yang amat fleksibel, sehingga dengan mudah disesuaikan dengan kebutuhan ADC itu sendiri.

ATmega8535 memiliki 3 modul timer yang terdiri dari 2 buah timer/counter 8 bit dan 1 buah timer/counter 16 bit. Ketiga modul timer/counter ini dapat diatur dalam mode yang berbeda secara individu dan tidak saling mempengaruhi satu sama lain. Selain itu, semua timer/counter juga dapat difungsikan sebagai sumber interupsi. Masing-masing timer/counter ini memiliki register tertentu yang digunakan untuk mengatur mode dan cara kerjanya^[7].

2.7.5 Input dan Output

Setiap 14 pin digital pada arduino dapat digunakan sebagai input atau output, menggunakan fungsi pinMode(), digitalWrite(), dan digitalRead(). Input/output dioperasikan pada 5 volt. Setiap pin dapat menghasilkan atau menerima maksimum 40 mA dan memiliki internal pull-up resistor

(disconnected oleh default) 20-50 Kohms^[8]. Adapun beberapa fungsi yang dimiliki pin adalah sebagai berikut :

- Serial : 0 (RX) dan 1 (TX), digunakan untuk menerima (RX) dan mengirim (TX) TTL data serial. Pin ini terhubung pada pin yang koresponding dari USB PTDI ke TTL chip serial.
- Interrupt eksternal : 2 dan 3, pin ini dapat dikonfigurasi untuk trigger sebuah interap pada low value, rising atau falling edge, atau perubahan nilai.
- PWM : 3, 5, 6, 9, 10, dan 11. Mendukung 8-bit output PWM dengan fungsi analogWrite().
- SPI : 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Pin ini mensupport komunikasi SPI, yang mana masih mendukung hardware, yang tidak termasuk pada bahasan arduino.
- LED : 13, digunakan untuk koneksi LED ke digital pin 13. Ketika pin bernilai HIGH, LED hidup dan ketika pin LOW, LED mati.

2.9 Sistem Pengendalian *On-off*

Pengendalian *on /off* hanya bekerja pada dua posisi, yaitu posisi(*on*) dan posisi(*off*). Sedangkan *final control element* berupa *control valve*, kerja *valve* hanya terbuka penuh atau tertutup penuh. Pada system pengendalian *on-off control valve* tidak akan pernah bekerja didaerah antara 0 sampai 100%. Karena kerjanya yang *on-off*, hasil pengendalian pengendali *on-off* akan menyebabkan proses variabel yang bergelombang, tidak pernah konstan. Perubahan proses variabel akan seirama dengan perubahan posisi *final control element*. Besar kecilnya fluktuasi proses variable ditentukan oleh titik dimana *controller (on)* dan titik dimana (*off*)^[8].

Beberapa istilah dalam *system* pengendalian proses antara lain:

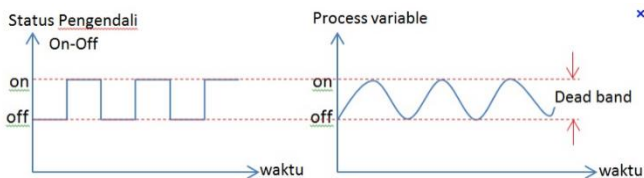
- *Proses (Process)* adalah tatanan peralatan yang mempunyai suatu fungsi tertentu. Input proses dapat

bermacam-macam. Proses merupakan besaran yang di manipulasi oleh *final control element* atau *control valve* agar *measurement variable* sama dengan set point.

- *Controlled variable* adalah besaran atau variabel yang dikendalikan. Besaran ini adalah diagram kotak disebut juga output proses atau *proses variable*.
- *Manipulated variable* adalah input dari suatu proses yang dapat dimanipulasi atau diubah-ubah besarnya agar *process variable* atau *controlled variable* besarnya sama dengan *set point*.
- Sensing element adalah bagian suatu ujung suatu sistem pengukuran (*measuring system*). Contoh *sensing element* yang banyak dipakai misalnya *thermocouple* atau *oriface plate*. Pada bagian ini juga bisa disebut sensor atau *primary element*.
- *Transmitter* adalah alat yang berfungsi untuk membaca sinyal *sensing element*, dan mengubah menjadi sinyal yang dapat dimengerti oleh *controller*.
- *Measurement variable* atau *measured variable* adalah sinyal yang keluar dari transmitter. Besaran ini merupakan cerminan besarnya sinyal sistem pengukuran.
- *Set point* adalah besar *process variable* yang dikehendaki. Sebuah *controller* akan selalu berusaha menyamakan *controlled variable* dengan *set point*.
- *Error* adalah selisih antara *set point* dikurangi *measured variable*. *Error* bisa negatif dan juga bisa positif. Bila set point lebih besar dari *measured variable* maka *error* akan menjadi positif. Sebaliknya jika *set point* lebih kecil dari *measured variable* maka *error* menjadi negatif.
- *Controller* adalah elemen yang mengerjakan tiga dari empat tahap langkah pengendalian, yaitu membandingkan *set point* dengan *measurement variable*, menghitung berapa banyak koreksi yang perlu dilakukan,

dan mengeluarkan sinyal koreksi yang sesuai dengan hasil perhitungan. *Controller* sepenuhnya menggantikan peran manusia dalam mengendalikan sebuah proses.

- *Control unit* adalah bagian dari *controller* yang menghitung besarnya koreksi yang diperlukan. Input *control unit* adalah *error*, dan outputnya adalah sinyal yang keluar dari *controller*. *Control unit* memiliki *transfer function* yang tergantung pada jenis *controller*. Output *control unit* adalah hasil penyesuaian matematik *transfer function* dengan memasukkan nilai *error* sebagai input.
- *Final control element* adalah bagian akhir dari instrumentasi sistem pengendalian. Bagian ini berfungsi untuk mengubah measurement variable dengan cara memanipulasi besarnya *manipulated variable*, berdasarkan perintah *controller*^[8].



Gambar 2.7 Fluktuasi Pengendalian *On-Off*^[8]

2.10 Lampu Indikator

Lampu indikator merupakan sumber cahaya buatan yang dihasilkan melalui penyaluran arus listrik melalui *filamen* yang kemudian memanaskan dan menghasilkan cahaya. Kaca yang menyelubungi *filamen* panas tersebut menghalangi udara untuk berhubungan dengannya sehingga *filamen* tidak akan langsung rusak akibat teroksidasi. Lampu pijar dipasarkan dalam berbagai macam bentuk dan tersedia untuk tegangan (*voltase*) kerja yang bervariasi dari mulai 1,25 volt hingga 300 volt. Energi listrik yang diperlukan lampu pijar untuk menghasilkan cahaya yang terang lebih besar dibandingkan dengan sumber cahaya buatan lainnya seperti lampu pijar dan dioda cahaya, maka secara

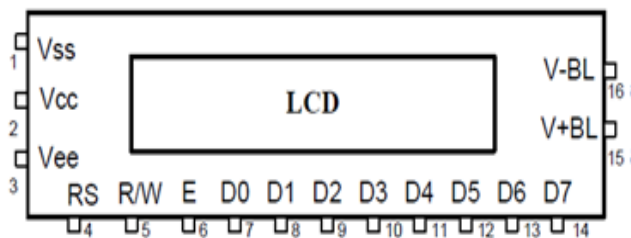
bertahap pada beberapa negara peredaran lampu pijar mulai dibatasi.



Gambar 2.8 Lampu indikator^[13]

2.11 LCD (*Liquid Cristal Display*)

LCD (Liquid Crystal Display) adalah suatu jenis media tampil yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD sudah digunakan diberbagai bidang misalnya alat-alat elektronik seperti televisi, kalkulator, atau pun layar komputer. Pada postingan aplikasi LCD yang digunakan ialah LCD dot matrik dengan jumlah karakter 2 x 16. LCD sangat berfungsi sebagai penampil yang nantinya akan digunakan untuk menampilkan status kerja alat dan disambungkan dengan kontroller. Berikut ini konfigurasi LCD 2x16 serta penjelasannya:



Gambar 2.9. Konfigurasi LCD 2x16^[19]

Tabel 2.6. Konfigurasi LCD 2x16

Pin	<i>Symbols and Functions</i>
1	GND
2	VCC (+5V)
3	<i>Contrast Adjust</i>
4	(RS) == >> 0 = <i>Instruction input</i> / 1 = <i>Data input</i>
5	(R/W) == >> 0 = <i>Write to LCD Module</i> / 1 = <i>Read from LCD Module</i>
6	(E) == >> <i>Enable Signal</i>
7	(DB0) == >> Data Pin 0
8	(DB1) == >> Data Pin 1
9	(DB2) == >> Data Pin 2
10	(DB3) == >> Data Pin 3
11	(DB4) == >> Data Pin 4
12	(DB5) == >> Data Pin 5
13	(DB6) == >> Data Pin 6

Tabel 2.7. Konfigurasi LCD 2x16 (Lanjutan)

Pin	<i>Symbols and Functions</i>
14	(DB7) == >> Data Pin 7
15	(VB+) == >> <i>Back Light (+5V)</i>
16	(VB-) == >> <i>Back Light (GND)</i>

Berikut ini karakteristik dari LCD (16x2) :

1. Tampilan 16 karakter, 2 baris.
2. ROM pembangkit karakter 192 jenis.
3. RAM pembangkit karakter 8 jenis (di-program pemakai).
4. RAM data tampilan 80 x 8 bit (8 karakter).
5. *Duty ratio* 1/16.
6. RAM data tampilan dan RAM pembangkit karakter dapat dibaca dari unit mikro-prosesor.
7. Beberapa fungsi perintah antara lain adalah penghapusan tampilan (*display clear*), posisi kursor awal (*crusor home*), tampilan karakter kedip (*display character blink*), penggeseran kursor (*crusor shift*) dan penggeseran tampilan (*display shift*).
8. Rangkaian pembangkit detak (*clock*).
9. Rangkaian otomatis reset saat daya dinyalakan.
10. Catu daya tunggal +5 volt.

2.12 Relay

Relay adalah komponen elektronika berupa saklar atau *switch* yang dioperasikan menggunakan listrik. *Relay* juga biasa juga disebut sebagai komponen elektromekanikal yang terdiri dari dua bagian utama yaitu coil atau elektromagnet dan saklar atau mekanikal. Komponen *relay* menggunakan prinsip elektromagnetik sebagai penggerak kontak saklar, sehingga dengan menggunakan arus listrik yang kecil atau *low power*, dapat menghantarkan tegangan yang lebih tinggi^[11].

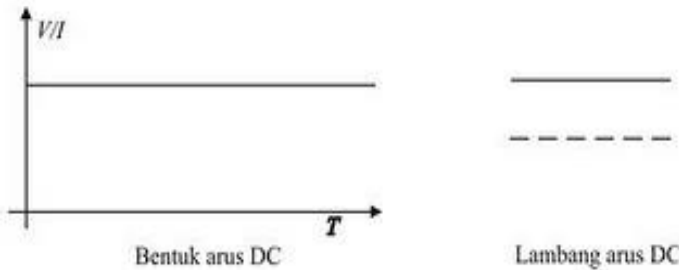


Gambar 2.10. Relay DC ^[10]

Sumber tegangan yang dipakai untuk dialirkan ke coil supaya terjadi gaya elektromagnetik adalah:

- **Sumber arus searah (DC)**

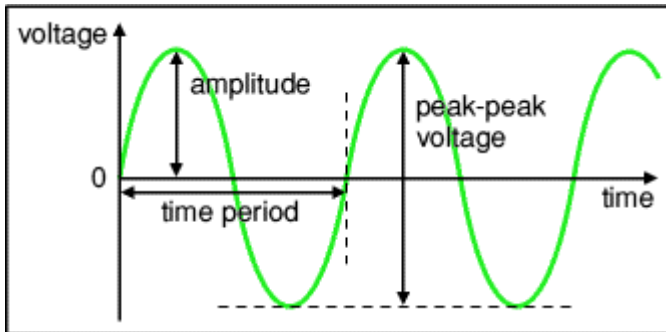
Standar tegangan untuk *relay* DC adalah 6, 12, 24, 48, dan 100 (volt). Kinerja *relay* DC lebih mantap karena kecepatan *switching relay* DC lebih rendah dibandingkan dengan *relay* AC karena induktansi dari coil menekan kecepatan menaikkan arus. Kerugiannya adalah memerlukan catu daya DC yang khusus.



Gambar 2.11 Arus searah (DC)^[11]

- **Sumber arus bolak balik (AC)**

Relay AC biasanya dieksitasi dengan sumber tegangan 100 atau 200 (V) dengan frekuensi 50 atau 60 (Hz). Pada arus bolak-balik panas dapat terjadi pada kumparan dan inti besi. Untuk catu tegangan yang lebih rendah dari tegangan minimum yang diijinkan akan terjadi desah dan kinerjanya tidak stabil. Untuk sumber daya arus searah (DC) lebih stabil artinya pada coil tidak terjadi getaran karena sumber DC tidak dipengaruhi oleh adanya frekuensi. Pada *relay* DC ini kontaktornya tidak bergetar sehingga mempunyai usia pakai yang lama. Untuk sumber daya arus bolak-balik (AC) kurang stabil sehingga terjadi *cattering* atau getaran pada kontakannya karena sumber daya AC pada coil yang mempunyai frekuensi yaitu antara 50 – 60 H^[11]



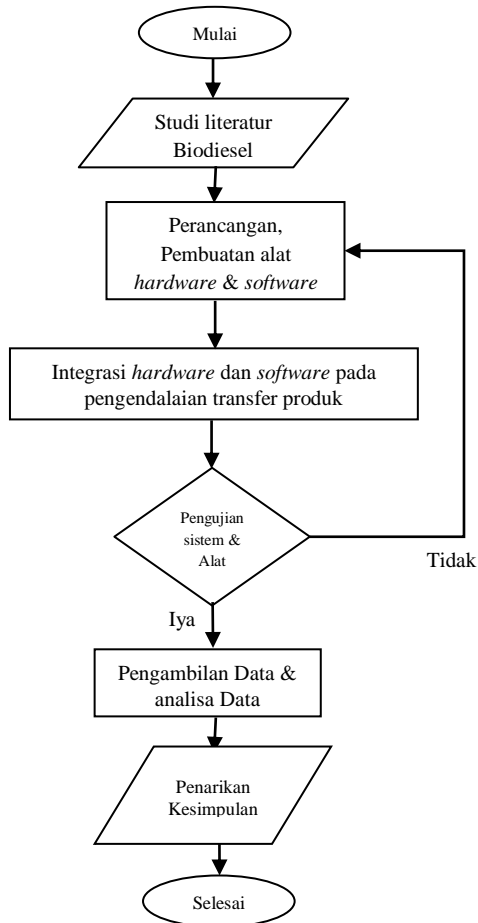
Gambar 2.15 Arus bolak-balik (AC)

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III METODOLOGI

3.1 Diagram Alir Perancangan Alat

Konsep dasar perancangan alat pada tugas akhir ini dapat digambarkan dalam diagram alir berikut ini :



Gambar 3.1 Diagram alir perancangan tugas akhir

3.2 Studi Literatur

Mempelajari literatur mengenai biodiesel dari penelitian yang telah pernah dilakukan sebelumnya tentang sistem cara kerja biodiesel, desain, bahan yang digunakan dan elemen-elemen penting lainnya.

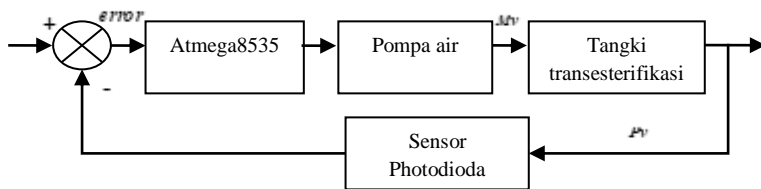
3.3 Persiapan Peralatan

Dibawah ini merupakan alat yang dibutuhkan dalam pembuatan judul adalah sebagai berikut :

- a. Peralatan sebagai controller.
 1. Mikrokontroller ATmega 8535
 2. Minimum System (*Minsys*)
- b. Peralatan sensor .
 1. Sensor Photodioda
- c. Peralatan Penampil.
 1. LCD 16X2
- d. Aktuator.

3.4 Perancangan Sistem dan Pembuatan Alat Eksperimen

Perancangan sistem dan pembuatan alat terdiri dari pembuatan *hardware*, pembuatan *software*, dan pengujian sensor. *Hardware* dan *software* yang telah dibuat kemudian diintegrasikan melalui mikrokontroller.

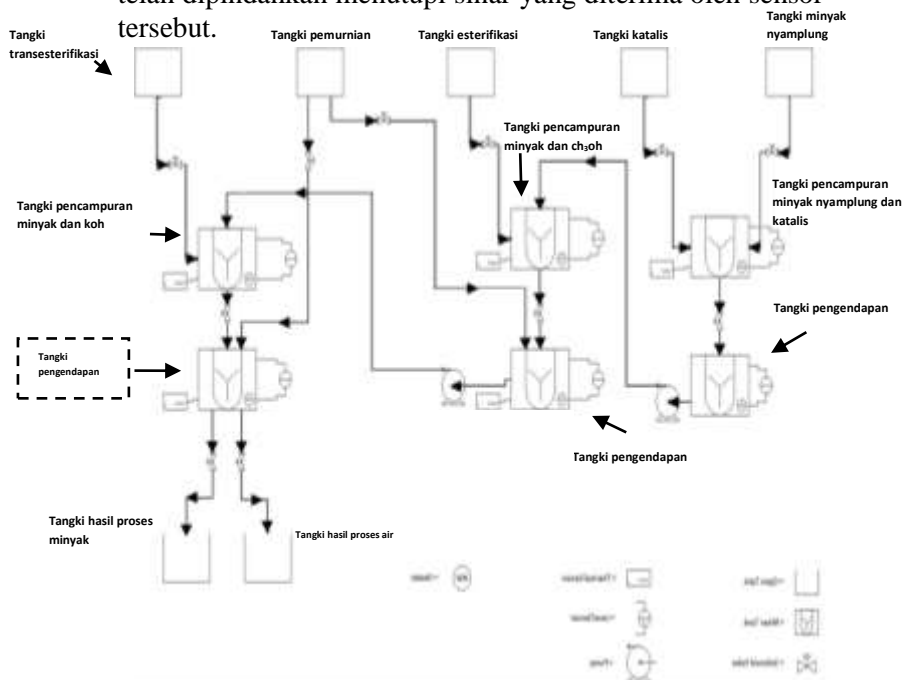


Gambar 3.2 Skema kerja sistem pengendalian level

- Pembuatan *Hardware*

Dalam Pembuatan mekanik terdapat membuat sensor photodioda pada tangki esterifikasi, pompa air,. Dari desain perancangan sistem dapat mengatur *on/off* akuator sebagai sistem transfer dari hasil proses esterifikasi.

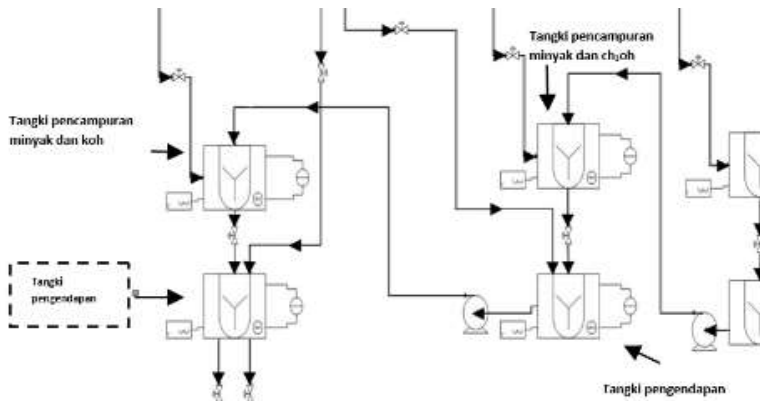
Pada proses esterifikasi didapatkan hasil pencampuran dari minyak nyamplung dengan H_2PO_4 yang kemudian dipindahkan ketangki pencampuran dan dicampur H_2SO_4 setelah didapatkan hasil kemudian setelah solenoid menutup pompa otomatis akan aktif(*on*) dan memindahkan liquid menuju tangki transesterifikasi, pada transesterifikasi terdapat sensor photodiode dalam posisi *low* yang akan menonaktifkan(*off*) pompa apabila minyak yang telah dipindahkan menutupi sinar yang diterima oleh sensor tersebut.



Gambar 3.3 PFD dari *Mini Plant Biodiesel*

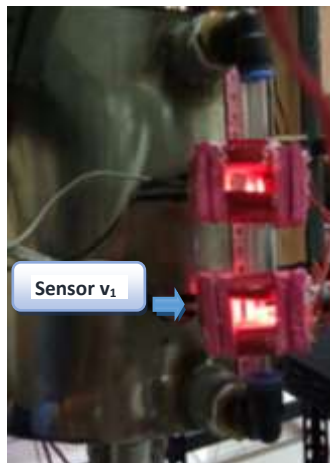
Gambar 3.3 merupakan gambar PFD dari sistem biodiesel secara keseluruhan terdapat 3 proses yaitu *degumming*, *esterifikasi*, *transesterifikasi*, sebagaimana pada setiap proses dari biodiesel terdapat tangki

pencampuran reaksi sebagai proses utama terbentuknya biodiesel.



Gambar 3.4 PFD Proses transfer liquid dari esterifikasi

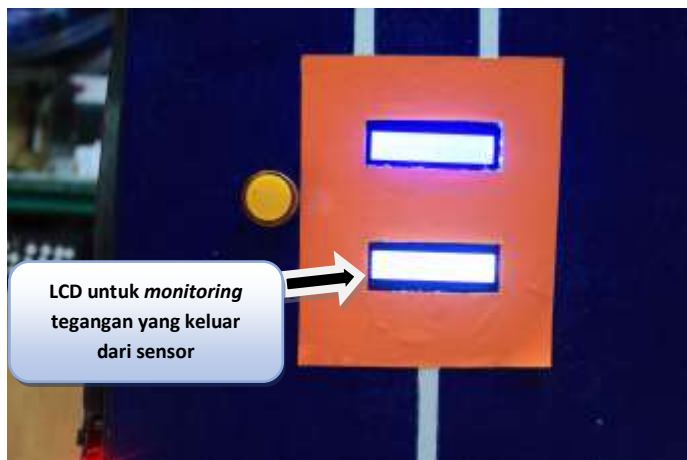
Gambar PFD diatas menjelaskan proses transfer produk yang dikontrol menggunakan atmega 8535 dengan aktuator pompa sebagai pemindah liquid yang telah diproses



Gambar 3.5 Sensor Photodiode pada tangki esterifikasi



Gambar 3.6 Sensor photodiode tangki transesterifikasi



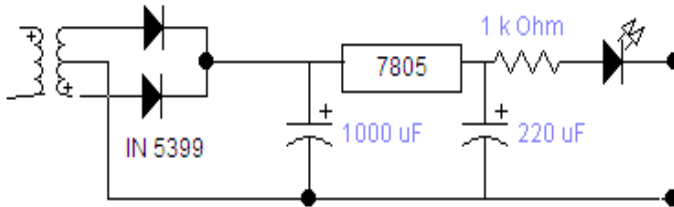
Gambar 3.7 Pembacaan sensor photodiode tangki esterifikasi

3.4.1 Perancangan *Power Supply*

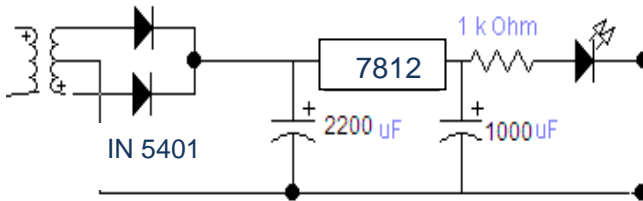
Power supply adalah sumber yang dibutuhkan oleh suatu rangkaian elektronika agar dapat bekerja. Penggunaan

power supply tergantung oleh spesifikasi rangkaian dari alat yang digunakan. Pada perancangan sistem kendali ini *power supply* digunakan untuk *menyupply* rangkaian Atmega8535, rangkaian sensor, juga *modul relay*.

- **Rangkaian tegangan 5 volt dan 12 volt**



Gambar 3.7 Rangkaian Power Supply 5 Volt



Gambar 3.8 Rangkaian Power Supply 12 Volt

Kapasitor atau disebut juga dengan Kondensator adalah Komponen Elektronika Pasif yang dapat menyimpan muatan listrik dalam waktu sementara dengan satuan kapasitansinya adalah Farad. pada umumnya Kapasitor yang digunakan dalam peralatan dan mempunyai fungsi untuk memperhalus sinyal DC dari dioda. Kemudian sinyal DC keluaran dari kapasitor akan di masukkan ke IC 7805, 7812. Hasil keluaran dari IC 7805 dan 7812 adalah tegangan 5 Volt dan 12 Volt.

3.4.2 Modul relay

Fungsi dari *modul relay* adalah untuk konversi dari output keluaran Atmega menuju aktuator. Keluaran dari Atmega adalah 5V DC sedangkan yang dibutuhkan pompa adalah tegangan 220

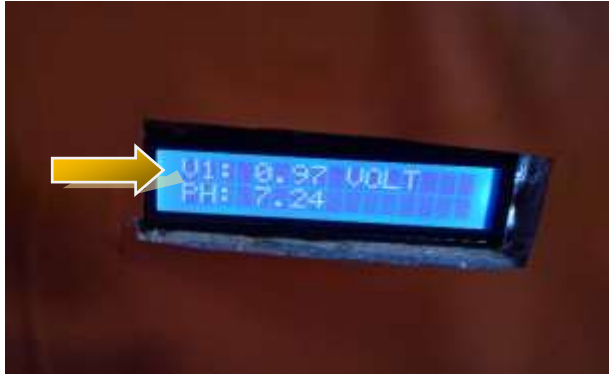
AC. Maka dari itu dibutuhkan *modul relay* untuk mengkonversi dari 5V DC menjadi 220 AC. Relay bekerja dengan memberikan VCC (5V DC) dan *ground* untuk menyalakan *modul relay*. Saat tegangan yang dibutuhkan untuk menggerakkan *modul relay* adalah 5V DC agar *relay* dapat berpindah dari NC menjadi NO.



Gambar 3.9. Rangkaian *Modul Relay*

3.4.3 Perancangan *Display LCD (Liquid Crystal Display)*

LCD (*Liquid Cristal Display*) berfungsi untuk menampilkan karakter angka, huruf ataupun simbol dengan lebih baik dan dengan konsumsi arus yang rendah. LCD (*Liquid Cristal Display*) dot matrik M1632 merupakan modul LCD buatan hitachi. Modul LCD (*Liquid Cristal Display*) dot matrik M1632 terdiri dari bagian penampil karakter (LCD) yang berfungsi menampilkan karakter dan bagian sistem prosesor LCD dalam bentuk modul dengan mikrokontroler yang diletakan dibagian belakan LCD tersebut yang berfungsi untuk mengatur tampilan LCD serta mengatur komunikasi antara LCD dengan mikrokontroler yang menggunakan modul LCD tersebut. LCD M1632 merupakan modul LCD dengan tampilan 2×16 (2 baris x 16 kolom) dengan konsumsi daya rendah.



Gambar 3.10. Tampilan Perancangan LCD Pada Uji Coba Sensor photodiode V_1 pada tangki transesterifikasi

3.3.3 Integrasi

Pada tahap ini dilakukan proses *download* program CVAVR ke *minimum system* ATmega 8535 dengan *software* Khazama AVR *programmer*, kemudian *minimum system* yang telah berisi program dihubungkan dengan rangkaian *sensing element*, rangkaian modul LCD, dan aktuator.



Gambar 3.11 Proses *download* program cvavr

3.3.4 Pengujian Alat

Pada rancang bangun *mini plant* biodiesel dilakukan percobaan sederhana yaitu dengan mengisi tangki minyak dan katalis dengan air. Apabila semua rancang bangun

pada reaktor dapat bekerja dengan baik, maka selanjutnya dapat dilakukan pengambilan data.

3.3.5 Pengambilan Data

Pada tahap pengambilan data didapatkan dari hasil pembacaan sensor photodiode yang terdapat pada LED, agar diketahui tegangan yang masuk saat sensor disinari atau tidak disinari oleh laser.

3.3.6 Analisa Data dan Pembahasan

Setelah pembuatan rancangan telah selesai dengan hasil yang sesuai, kemudian dilakukan analisa data dengan memanfaatkan hasil dari uji performansi dan sistem pengendalian.

3.3.7 Penulisan Laporan

Setelah semua hasil yang diinginkan tercapai, kemudian semua hasil mulai dari studi literatur sampai dengan analisa data dan kesimpulan dicantumkan dalam sebuah laporan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan sebagai langkah selanjutnya setelah menyelesaikan perancangan alat.

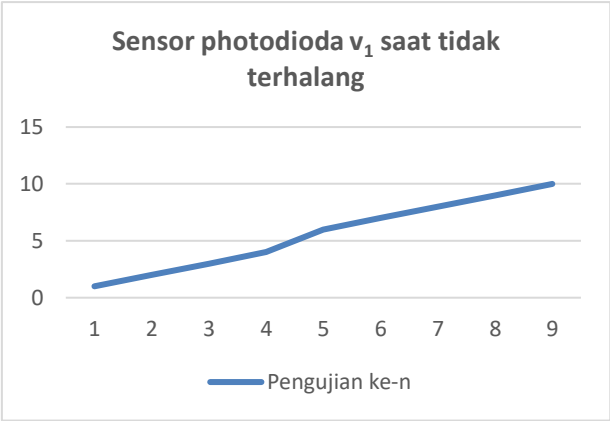
Adapun mekanisme kerja rancang bangun dari sistem pengendalian transfer produk esterifikasi untuk menjaga ketinggian volume minyak yang ada pada tangki agar tidak mencapai batas kerja yang dapat ditampung tangki transesterifikasi. Untuk itu digunakan photodiode sebagai sensor dengan pompa air sebagai aktuator dan Atmega8535 sebagai pengontrol dari proses yang terjadi. terdapat dua tangki sebagai pengondisian ketinggian level ini yaitu tangki esterifikasi dengan penempatan sensor *low* pada tangkinya dan tangki transesterifikasi dengan penempatan sensor *high* sebagai sensor yang mematikan(*off*) aktuator.

4.2 Pengujian Sensor *Photodiode*

Pada pengujian sistem alat yang terdiri dari *photodiode*, Atmega 8535 dan pompa sebagai aktuator didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.1 Pengukuran pembacaan nilai *photodiode* sensor $V_1(low)$ pada tangki esterifikasi saat tidak terhalang

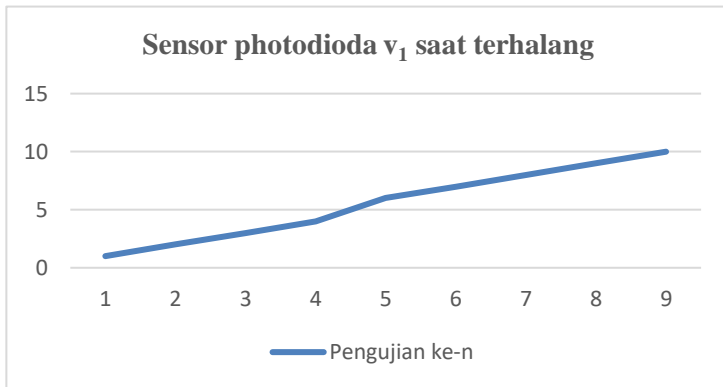
Pengujian ke-n	Tegangan (v)
1	4,83
2	4,84
3	4,84
4	4,84
6	4,85
7	4,85
8	4,85
9	4,85
10	4,85
Rata-rata	4,8561



Gambar 4.1 Grafik Nilai sensor photodiode V_1 (*low*) pada tangki esterifikasi saat tidak terhalang

Tabel 4.2 Pengukuran pembacaan nilai *photodiode* sensor V_1 (*low*) pada tangki esterifikasi saat terhalang

Pengujian ke-n	Tegangan (v)
1	0,64
2	0,65
3	0,65
4	0,65
6	0,66
7	0,66
8	0,66
9	0,66
10	0,66
Rata-rata	0,66611

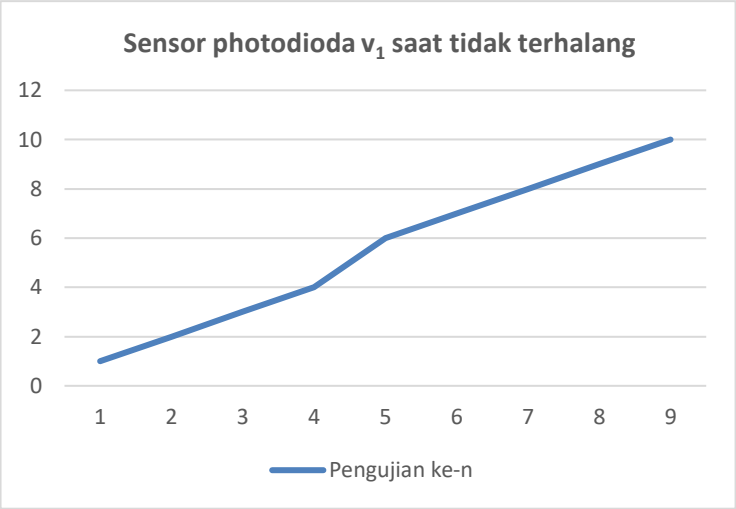


Gambar 4.2 Grafik nilai sensor photodiode $V_1(low)$ pada tangki esterifikasi saat terhalang

Dari tabel diatas ditemukan bahwa V_1 pada tangki esterifikasi dalam keadaan sensor photodiode terhalangi, maka photodiode mengeluarkan nilai tegangan rata-rata $\pm 4,856V$, dan jika sensor photodiode menerima cahaya secara langsung, maka nilai tegangan rata-rata $\pm 0,66611V$.

Tabel 4.3 Pengukuran pembacaan nilai *photodiode* sensor $V_1(High)$ pada tangki transesterifikasi saat tidak terhalang

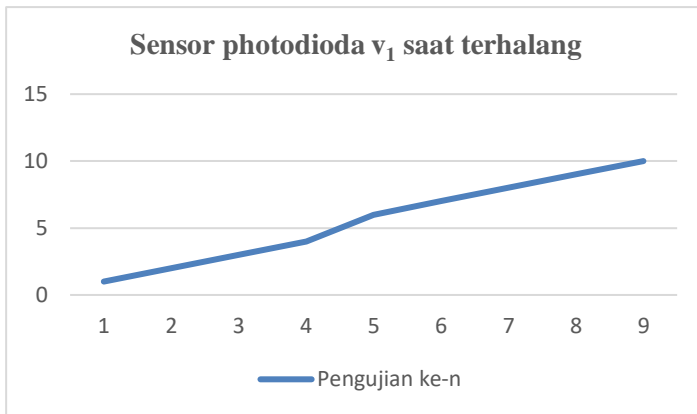
Pengujian ke-n	Tegangan (v)
1	01.08
2	01.09
3	01.09
4	01.09
6	01.10
7	01.10
8	01.10
9	01.10
10	01.10
Rata-rata	01.08



Gambar 4.3 Grafik nilai sensor photodiode V_1 pada tangki transesterifikasi saat tidak terhalang

Tabel 4.4 Pengukuran pembacaan nilai *photodiode* sensor $V_1(High)$ pada tangki transesterifikasi saat terhalang

Pengujian ke-n	Tegangan (v)
1	2,63
2	2,64
3	2,63
4	2,64
6	2,63
7	2,64
8	2,64
9	2,63
10	2,64
Rata-rata	2,63805



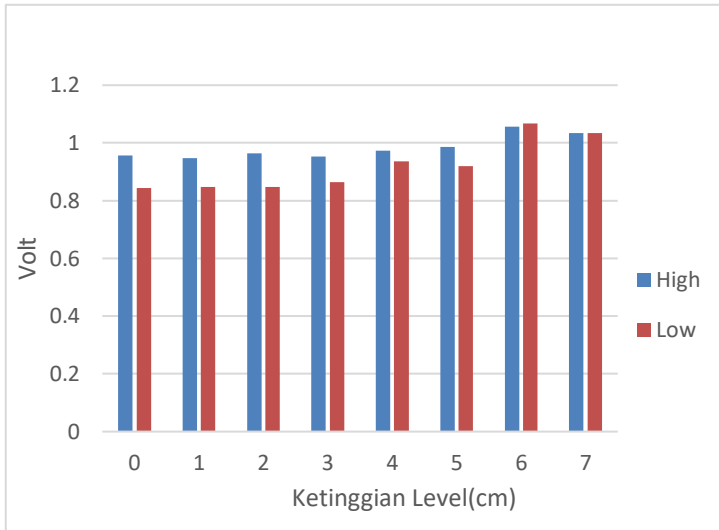
Gambar 4.4 Grafik nilai sensor photodiode V_1 pada tangki transesterifikasi saat terhalang

Dari tabel diatas ditemukan bahwa V_1 pada tangki transesterifikasi dalam keadaan sensor photodiode terhalangi, maka photodiode mengeluarkan nilai tegangan rata-rata $\pm 2,63805V$, dan jika sensor photodiode menerima cahaya secara langsung, maka nilai tegangan rata-rata $\pm 01.08V$

Tabel 4.5 Pengukuran pembacaan sensor photodiode

KETINGGIAN LEVEL	Pembacaan Sensor Photodiode							
	Sensor high(Volt)			Rata-rata	Sensor low(Volt)			Rata-rata
0 cm	0,96	0,95	0,96	0,956667	0,84	0,84	0,85	0,843333
1 cm	0,95	0,95	0,94	0,946667	0,85	0,84	0,85	0,846667
2 cm	0,97	0,97	0,95	0,963333	0,84	0,85	0,85	0,846667
3 cm	0,96	0,96	0,94	0,953333	0,88	0,85	0,86	0,863333
4 cm	0,98	0,96	0,98	0,973333	1,1	0,87	0,84	0,936667
5 cm	1	0,98	0,98	0,986667	1	0,88	0,88	0,92
6 cm	0,97	1,1	1,1	1,056667	1,1	1	1,1	1,066667
7 cm	1,1	1	1	1,033333	1,1	1	1	1,033333

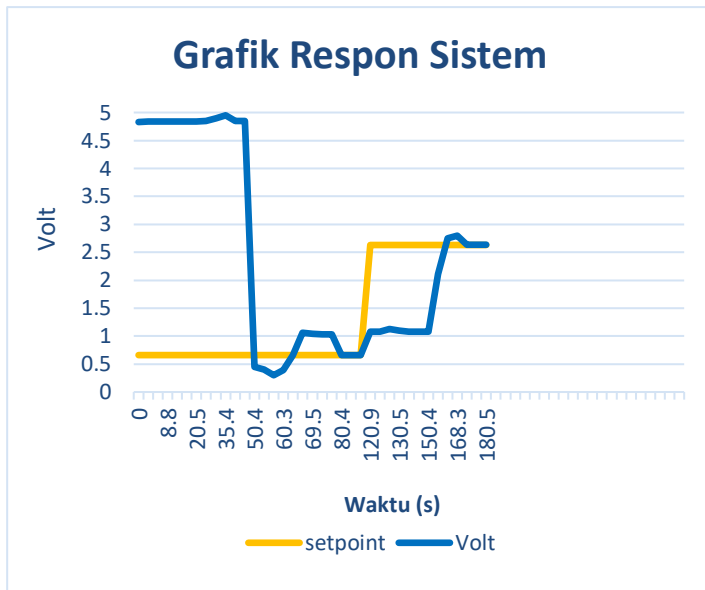
Dari tabel 4.4 didapatkan , pada sensor *low* dengan *set point* 6,5 cm saat mencapai set point yang dibutuhkan mengeluarkan 1,02Volt dan pada sensor *high* nilai yang keluar dari rangkaian *voltage divider* sebesar 0,919 Volt



Gambar 4.5 Grafik nilai sensor photodiode V_1 pada tangki transesterifikasi saat terhalang

4.3 Perbandingan monitoring level dengan pembacaan sensor

Saat pengambilan data, digunakan dua metode yaitu dengan metode manual dan otomatis. Adapun pengambilan data manual dilakukan dengan cara menggunakan meteran, dan metode otomatis dilakukan dengan cara menggunakan pembacaan sensor yang telah diolah oleh *micro* dan ditampilkan di LCD. Data yang diambil terbagi menjadi dua yaitu sensor pada posisi *low* dengan *setpoint* ketinggian level mencapai 6,5 cm sedangkan *high setpoint* yang dibutuhkan sebesar 7 cm, terdapat dua tangki sebagai pengondisian ketinggian level ini yaitu tangki esterifikasi dengan penempatan sensor *low* pada tangkinya dan tangki transesterifikasi dengan penempatan sensor *high* sebagai sensor yang mematikan(*off*) aktuatur.



Gambar 4.6 Grafik Respon Sistem Pengendalian level

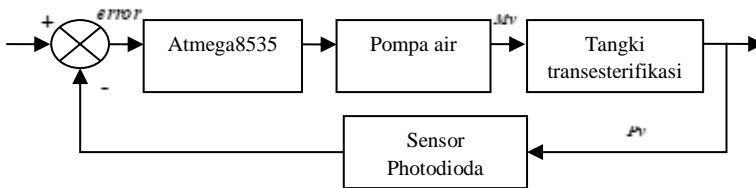
Tabel 4.6 Respon Sistem *Tracking Set point*

Data	Volt	
	4,85	2,63
Tr	87,1 s	2,63 s
Mp	4,95 v	2,80 v
Tp	35,4 s	168,3 s
Ess	0,01 v	0,2 v
Ts	62,2 s	173,3 s

Pada tabel 4.6 merupakan respon sistem *tracking set point*. Tr (*rise time*) merupakan waktu yang diperlukan untuk naik 10%-90% dari nilai akhirnya, dimana semakin tinggi set point maka nilai Tr semakin kecil. Nilai *maximum overshoot* (Mp) adalah nilai puncak (*peak*) maksimum dari kurva respons yang diukur adalah 4,95 v. *Peak Time* (Tp) adalah waktu yang dibutuhkan

respon dari $t=0$ sampai mencapai puncak pertama *overshoot* adalah 35,4 s untuk set point 6 cm dan 168,3 s untuk set point 7 cm. Sedangkan *error steady state* adalah selisih nilai *output* dan set point pada keadaan *steady state* adalah 0,01 v dan 0,2 v pada set point 7 cm. *Settling time* (T_s) adalah waktu yang dibutuhkan untuk mencapai set point yaitu sebesar 62,2 s dan 173,3 s pada set point 7 cm

4.4 Pembahasan



Gambar 4.7 diagram blok pengendalian level pada tangki transesterifikasi

Dari pengambilan data yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa kinerja dari pengendalian transfer produk bekerja dengan menggunakan *photodiode* sebagai sensor dapat bekerja dengan baik untuk dapat memvariasikan tegangan input yang diolah.

Sensor *photodiode* yang digunakan membutuhkan cahaya yang berasal dari LED, sehingga LED digunakan sebagai *transreceiver* yang mengirimkan cahaya menuju *photodiode* dengan cahaya dari tegangan yang tetap dan *photodiode* digunakan sebagai *receiver* atau penerima cahaya dari LED dengan nilai tegangan yang berubah-ubah tergantung dari cahaya yang diterima dari LED

Pada saat pengujian nilai tegangan yang keluar dari photodiode v_1 yang berada di tangki esterifikasi saat terhalang sensor *photodiode* mendapatkan tegangan rata-rata $\pm 0,66611V$ dan apabila sensor mendapat sinar secara langsung maka sensor mendapatkan tegangan rata-rata $\pm 4,8561V$. Pada tangki transesterifikasi saat sensor mendapat sinar secara langsung maka

sensor mendapatkan tegangan rata-rata yang keluar sebesar $\pm 0.08V$ dan saat sensor terhalangi oleh minyak maka sensor akan mendapat tegangan rata-rata keluar sebesar $\pm 2,63805V$.

Dari data yang telah diambil dapat diketahui alat yang telah dibuat dapat beroperasi dengan baik, dimulai dari dua sensor yang berada pada tangki esterifikasi dan transesterifikasi, pada dua tangki tersebut, sensor membaca dengan dua kondisi yaitu ketika *photodiode* tidak mendapatkan sinar secara langsung. Kondisi ini berada pada tangki esterifikasi dan bekerja mengaktifkan aktuatur dan memompa minyak menuju tangki transesterifikasi.

Pada kondisi kedua sensor terhalang oleh minyak yang telah dipindahkan dari tangki esterifikasi maka sensor akan mematikan pompa agar minyak tidak melebihi kapasitas yang telah ditentukan ditangki transesterifikasi. Pompa digunakan sebagai aktuatur penggerak yang bertujuan pemindah minyak yang telah diproses oleh tangki esterifikasi dan dipindahkan ketangki transesterifikasi.

Microcontroller Atmega8535 sebagai penerima bacaan sensor dan mengaktifkan aktuatur ketika telah mencapai *set point* yang telah disetting pada mikrokontroler dan mematikan aktuatur ketika *set point* telah tercapai. Respon sistem *tracking set point*. *Tr (rise time)* merupakan waktu yang diperlukan untuk naik 10% - 90% dari nilai akhirnya, dimana semakin tinggi set point maka nilai *Tr* semakin kecil. Nilai *maximum overshoot* (*Mp*) adalah nilai puncak (*peak*) maksimum dari kurva respons yang diukur adalah 4,95 v. *Peak Time* (*Tp*) adalah waktu yang dibutuhkan respon dari $t=0$ sampai mencapai puncak pertama *overshoot* adalah 35,4 s untuk set point 6 cm dan 168,3 s untuk set point 7 cm. Sedangkan *error steady state* adalah selisih nilai *output* dan set point pada keadaan *steady state* adalah 0,01 v dan 0,2 v pada set point 7 cm. *Settling time* (*Ts*) adalah waktu yang dibutuhkan untuk mencapai set point

Saat *plant* mulai bekerja secara skematis tangki esterifikasi telah selesai dengan prosesnya maka secara otomatis solenoid akan mulai membuka dan ketika sensor v_1 tersinari oleh cahaya maka akan mengaktifkan aktuatur dan mentransfer minyak yang

telah diproses di tangki esterifikasi menuju transesterifikasi, setelah memindahkan minyak beberapa waktu sensor v_1 yang berada di tangki esterifikasi tertutupi oleh minyak maka aktuator secara otomatis akan mati.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan tahap perencanaan dan pembuatan yang kemudian dilakukan analisa dari sistem pengendalian ini maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Telah dibuat rancang bangun sistem pengendalian transfer produk esterifikasi menuju transesterifikasi berbasis Atmega8535 pada *mini plant* biodiesel di workshop instrumentasi. Pada perancangan sistem pengendalian transfer produk esterifikasi menuju transesterifikasi dapat berjalan sesuai dengan kinerja yang dibutuhkan dengan nilai rata-rata pembacaan v_1 pada tangki esterifikasi dalam keadaan sensor tertutupi oleh minyak sebesar $\pm 0,66611$ dan saat tersinari oleh laser secara langsung nilai rata-rata $\pm 4,8561$ akan menyalakan aktuator untuk memompa minyak menuju tangki transesterifikasi. Jika minyak yang telah dipindahkan menutupi sensor V_1 yang ada pada tangki transesterifikasi dengan nilai rata-rata $\pm 01.08V$, akan mematikan aktuator dan mengaktifkan solenoid yang berada pada tangki katalis. Nilai *maximum overshoot* (Mp) adalah nilai puncak (*peak*) maksimum dari kurva respons yang diukur adalah 4,95 v. *Peak Time* (Tp) adalah waktu yang dibutuhkan respon dari $t=0$ sampai mencapai puncak pertama *overshoot* adalah 35,4 s untuk set point 6 cm dan 168,3 s untuk set point 7 cm. Sedangkan *error steady state* adalah selisih nilai *output* dan set point pada keadaan *steady state* adalah 0,01 v dan 0,2 v pada *set point* 7 cm. *Settling time* (Ts) adalah waktu yang dibutuhkan untuk mencapai set point yaitu sebesar 62.2 s dan 173,3 s pada *set point* 7 cm

5.1 Saran

1. Alat yang kami buat mengandung zat kimia berbahaya diharapkan membaca *manual book* sebelum memakai.

2. Saat *mengupgrade* mini plant biodiesel disarankan melakukan penambahan perangkat seperti IOT sehingga memudahkan pengguna dalam mengawasi kinerja dari biodiesel.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bangun, N.,2008. Dimetil Ester Rantai Cabang Sebagai Energi Biodiesel Hasil Turunan Asam Oleat Minyak Kelapa Sawit. Laporan Hasil Penelitian, Universitas Sumatera Utara.
- [2] Suryandari, Ade Sonya., Siska Norma Prasasti & Achmad Roesyadi. 2013. “Pembuatan Biodiesel dari Minyak Biji nyamplung (*Ceiba Pentandra*) Melalui Proses Transesterifikasi dengan Katalis MgO/CaO ”. **Jurnal Teknik POMITS** Volume 2, No 1, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- [3] Hendarsono, T.,2005. Pemanfaatan Minyak Dari Tumbuhan Untuk Pembuatan Biodiesel.
- [4] Nurcholis, M.,2007. Jarak Pagar dan Pembuatan Biodiesel. Seri Budi Daya. Yogyakarta.
- [5] idyastuti, L.,2007. Reaksi Metanolisis Minyak Biji Jarak Pagar Menjadi Metil Ester Sebagai Bahan Bakar Pengganti Minyak Diesel Dengan Menggunakan Katalis KOH, Skripsi, Jurusan Kimia Universitas Negeri Semarang.
- [6] Anonim. 1995 kamus Minyak bumi, 3 ed, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas bumi, LEMIGAS
- [7] Afrie Setiawan, Mikrokontroler ATmega 8535, Andi Offset, Yogyakarta, 2010.
- [8] Lingga Wardhana, Mikrokontroler AVR seri Atmega8535, Andi Offset, Yogyakarta, 2010
- [9] Aris, Munandar, 2012. “Liquid Crystal Display 16x2 (LCD)”. <http://www.leselektronika.com/2012/06/liquid-crystal->

display-lcd-16x-2.html Diakses Pada 17 Juli 2017 Pukul 02.15 WIB

- [10] Fuad., 2015, Sistem Sortir Buah Jeruk Berdasarkan Warna, Tinggi, dan Lebar Menggunakan Arduino Uno, Tugas Akhir, Jurusan Diploma Elektronika dan Instrumentasi, Fakultas Sekolah Vokasi, UGM, Yogyakarta.
- [11] Dickson, K., 2015, Pengertian Relay dan Fungsinya, <http://teknikelektronika.com/pengertian-relay-fungsi-relay/> Diakses Pada 17 Juli 2017 Pukul 12.00 WIB
- [12] Anonim. 2010. Elektrik solenoid valve. Diakses dari : <http://indoware.com/produk-478-electric-solenoid-valve.html>. Tanggal 13 Juli 2017, jam 08.30 WIB
- [13] Peralatan Energi Listrik: Pencahayaan. Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia – www.energyefficiencyasia.org , UNEP, 2006. Tanggal 19 Juli 2017, jam 01.00 WIB

DATA SHEET ATMEGA 8535

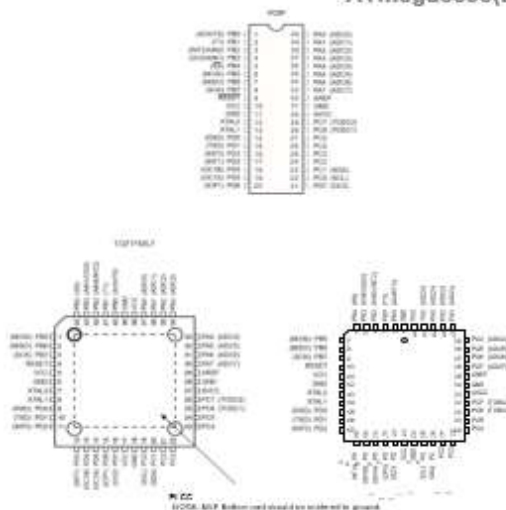


- High-performance, Low-power AVR® 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
 - 139 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 16 MIPs Throughput at 16 MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- Nonvolatile Program and Data Memory
 - 8K Bytes of In-System Self-Programmable Flash
 - Endurance: 10,000 Write/Erase Cycles
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - 512 Bytes EEPROM
 - Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
 - 512 Bytes Internal SRAM
 - Programming Lock for Software Security
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Four PWM Channels
 - 8-channel, 10-bit ADC
 - 8 Single-ended Channels
 - 7 Differential Channels for IQ1* Package Only
 - 2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 20x for IQ1* Package Only
 - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
 - Programmable Serial USART
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated RC Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
- I/O and Packages
 - 32 Programmable I/O Lines
 - 40-pin TQFP, 44-lead PQFP, 44-lead LQFP, and 44-pin QFNMLP
- Operating Voltages
 - 2.7 - 5.5V for ATmega8535L
 - 4.5 - 5.5V for ATmega8535
- Speed Grades
 - 0 - 8 MHz for ATmega8535L
 - 0 - 16 MHz for ATmega8535

Pin Configurations

Figure 1. Pinout ATmega8535

ATmega8535(L)



Disclaimer

Typical values contained in this data sheet are based on simulations and characterization of other AVR microcontrollers manufactured on the same process technology. Min and Max values will be available after the device is characterized.

Overview

The ATmega8535 is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing instructions in a single clock cycle, the ATmega8535 achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

Block Diagram

Figure 2. Block Diagram





The AVR core combines a rich instruction set with 32 general purpose working registers. All 32 registers are directly connected to the Arithmetic Logic Unit (ALU), allowing two independent registers to be accessed in one single instruction executed in one clock cycle. The resulting architecture is more code efficient while achieving throughputs up to ten times faster than conventional CISC microcontrollers.

The ATmega8535 provides the following features: 8K bytes of In-System Programmable Flash with Read-While-Write capabilities, 512 bytes EEPROM, 512 bytes SRAM, 32 general purpose I/O lines, 32 general purpose working registers, three flexible Timer/Counters with compare modes, internal and external interrupts, a serial programmable USART, a byte oriented Two-wire Serial Interface, an 8-channel, 10-bit ADC with optional differential input stage with programmable gain in TQFP package, a programmable Watchdog Timer with internal Oscillator, an SPI serial port, and six software selectable power saving modes. The Idle mode stops the CPU while allowing the SRAM, Timer/Counters, SPI port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the register contents but freezes the Oscillator, disabling all other chip functions until the next interrupt or Hardware Reset. In Power-save mode, the asynchronous timer continues to run, allowing the user to maintain a timer base while the rest of the device is sleeping. The ADC Noise Reduction mode stops the CPU and all I/O modules except asynchronous timer and ADC, to minimize switching noise during ADC conversions. In Standby mode, the crystal/resonator Oscillator is running while the rest of the device is sleeping. This allows very fast start-up combined with low-power consumption. In Extended Standby mode, both the main Oscillator and the asynchronous timer continue to run.

The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology. The On-chip ISP Flash allows the program memory to be reprogrammed In-System through an SPI serial interface, by a conventional nonvolatile memory programmer, or by an On-chip Boot program running on the AVR core. The boot program can use any interface to download the application program in the Application Flash memory. Software in the Boot Flash section will continue to run while the Application Flash section is updated, providing true Read-While-Write operation. By combining an 8-bit RISC CPU with In-System Self-Programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel ATmega8535 is a powerful microcontroller that provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

The ATmega8535 AVR is supported with a full suite of program and system development tools including: C compilers, macro assemblers, program debugger/simulators, In-Circuit Emulators, and evaluation kits.

AT90S8535 Compatibility

The ATmega8535 provides all the features of the AT90S8535. In addition, several new features are added. The ATmega8535 is backward compatible with AT90S8535 in most cases. However, some incompatibilities between the two microcontrollers exist. To solve this problem, an AT90S8535 compatibility mode can be selected by programming the S8535C fuse. ATmega8535 is pin compatible with AT90S8535, and can replace the AT90S8535 on current Printed Circuit Boards. However, the location of fuse bits and the electrical characteristics differs between the two devices.

AT90S8535 Compatibility Mode

Programming the S8535C fuse will change the following functionality:

- The timed sequence for changing the Watchdog Time-out period is disabled. See "Timed Sequences for Changing the Configuration of the Watchdog Timer" on page 45 for details.
- The double buffering of the USART Receive Register is disabled. See "AVR USART vs. AVR UART – Compatibility" on page 146 for details.





Pin Descriptions

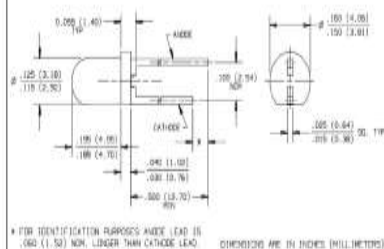
V_{CC}	Digital supply voltage.
GND	Ground.
Port A (PA7..PA0)	<p>Port A serves as the analog inputs to the A/D Converter.</p> <p>Port A also serves as an 8-bit bi-directional I/O port, if the A/D Converter is not used. Port pins can provide internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port A output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. When pins PA0 to PA7 are used as inputs and are externally pulled low, they will source current if the internal pull-up resistors are activated. The Port A pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p>
Port B (PB7..PB0)	<p>Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p> <p>Port B also serves the functions of various special features of the ATmega8535 as listed on page 60.</p>
Port C (PC7..PC0)	<p>Port C is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port C output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p>
Port D (PD7..PD0)	<p>Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p> <p>Port D also serves the functions of various special features of the ATmega8535 as listed on page 64.</p>
RESET	<p>Reset input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in Table 15 on page 37. Shorter pulses are not guaranteed to generate a reset.</p>
XTAL1	Input to the Inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.
XTAL2	Output from the Inverting Oscillator amplifier.
AVCC	<p>AVCC is the supply voltage pin for Port A and the A/D Converter. It should be externally connected to V_{CC}, even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to V_{CC} through a low-pass filter.</p>
AREF	AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.

LAMPIRAN B

Product Bulletin OP906
June 1996



PIN Silicon Photodiode Type OP906



Features

- Narrow receiving angle
- Linear response vs irradiance
- Fast switching time
- T-1 package style
- Small package ideal for space limited applications

Description

The OP906 device consists of a PIN silicon photodiode molded in a clear epoxy package which allows spectral response from visible to infrared light wavelengths. The narrow receiving angle provides excellent on-axis coupling. These devices are 100% production tested using infrared light for close correlation with Optek's GaAs and GaAlAs emitters. Lead spacing is 0.100 inch (2.54 mm).

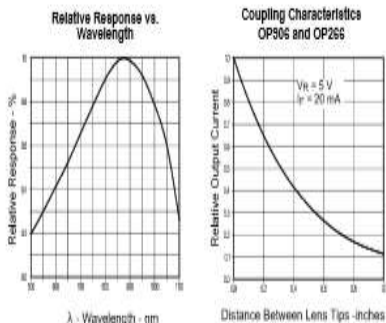
Absolute Maximum Ratings ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Reverse Breakdown Voltage	60 V
Storage and Operating Temperature Range	-40°C to $+100^\circ\text{C}$
Lead Soldering Temperature [1/16 inch (1.6 mm) from case for 5 sec. with soldering iron]	$260^\circ\text{C}^{(1)}$
Power Dissipation	100 mW ⁽²⁾

Notes:

- (1) RMA flux is recommended. Duration can be extended to 10 sec. max. when flow soldering. Max. 20 grams force may be applied to leads when soldering.
- (2) Derate linearly $1.67\text{ mW}/^\circ\text{C}$ above 25°C .
- (3) Light source is an unfiltered GaAs LED with a peak emission wavelength of 935nm and a radiometric intensity level which varies less than 10% over the entire lens surface of the photodiode being tested.
- (4) To calculate typical dark current in nA, use the formula $I_D = 10^{(0.04 T_A - 1.5)}$ where T_A is ambient temperature in $^\circ\text{C}$.

Typical Performance Curves



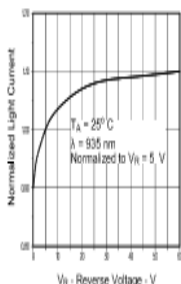
Type OP906

Electrical Characteristics ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

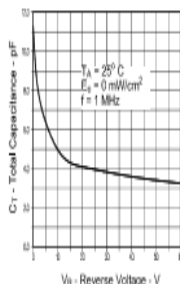
SYMBOL	PARAMETER	MIN	TYP	MAX	UNITS	TEST CONDITIONS
I_L	Reverse Light Current	16	35		μA	$V_R = 5\text{ V}$, $E_0 = 0.50\text{ mW/cm}^{(2)}$
I_D	Reverse Dark Current		1	60	nA	$V_R = 30\text{ V}$, $E_0 = 0$
$V_{BR(R)}$	Reverse Breakdown Voltage	60			V	$I_R = 100\text{ }\mu\text{A}$
V_F	Forward Voltage		1.2		V	$I_F = 1\text{ mA}$
C_T	Total Capacitance		4		pF	$V_R = 20\text{ V}$, $E_0 = 0$, $f = 1.0\text{ MHz}$
t_r , t_f	Rise Time, Fall Time		5		ns	$V_R = 20\text{ V}$, $\lambda = 850\text{ nm}$, $R_L = 50\text{ }\Omega$

Typical Performance Curves

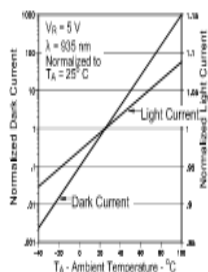
Normalized Light Current vs Reverse Voltage



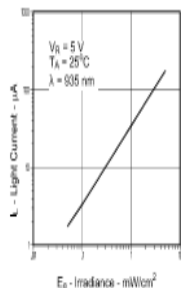
Total Capacitance vs Reverse Voltage



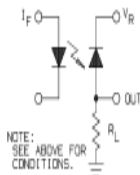
Normalized Light and Dark Current vs Ambient Temperature



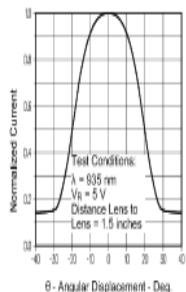
Light Current vs. Irradiance



Switching Time Test Circuit



Light Current vs. Angular Displacement



LAMPIRAN C

/******

/******

*

This program was produced by the
CodeWizardAVR V2.05.3 Standard
Automatic Program Generator
© Copyright 1998-2011 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.
<http://www.hpinfotech.com>

Project :
Version :
Date : 7/8/2017
Author : Pace
Company :
Comments:

Chip type : ATmega8535
Program type : Application
AVR Core Clock frequency: 8.000000 MHz
Memory model : Small
External RAM size : 0
Data Stack size : 128

```
#include <mega8535.h>
#include <stdio.h>
#include <delay.h>
#include <stdlib.h>
```

```
// Alphanumeric LCD functions
#include <alcd.h>
```

```
#define ADC_VREF_TYPE 0x40
```

```
// Read the AD conversion result
```

```

unsigned int read_adc(unsigned char adc_input)
{
    ADMUX=adc_input | (ADC_VREF_TYPE & 0xff);
    // Delay needed for the stabilization of the ADC input voltage
    delay_us(10);
    // Start the AD conversion
    ADCSRA|=0x40;
    // Wait for the AD conversion to complete
    while ((ADCSRA & 0x10)==0);
    ADCSRA|=0x10;
    return ADCW;
}

```

// Declare your global variables here

```

void main(void)
{
    // Declare your local variables here
    char lcd_buffer[33];
    char lcd_buffer1[33];
    float vin;
    float in;
    float vin2;
    float in2;
    int i=0;
    int i1 = 0;
    int i2 = 0;
    int i3 = 0;

    // Input/Output Ports initialization
    // Port A initialization
    // Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In
    Func1=In Func0=In
    // State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T
    State1=T State0=T
    PORTA=0x00;

```

```
DDRA=0x00;
```

```
// Port B initialization
```

```
// Func7=In Func6=In Func5=Out Func4=Out Func3=Out
```

```
Func2=Out Func1=In Func0=In
```

```
// State7=T State6=T State5=0 State4=1 State3=0 State2=1
```

```
State1=T State0=T
```

```
PORTB=0x14;
```

```
DDRB=0x3C;
```

```
// Port C initialization
```

```
// Func7=Out Func6=Out Func5=Out Func4=Out Func3=Out
```

```
Func2=Out Func1=Out Func0=Out
```

```
// State7=0 State6=0 State5=0 State4=0 State3=0 State2=0
```

```
State1=0 State0=0
```

```
PORTC=0x00;
```

```
DDRC=0xFF;
```

```
// Port D initialization
```

```
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In
```

```
Func1=In Func0=In
```

```
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T
```

```
State1=T State0=T
```

```
PORTD=0x00;
```

```
DDRD=0x00;
```

```
// Timer/Counter 0 initialization
```

```
// Clock source: System Clock
```

```
// Clock value: Timer 0 Stopped
```

```
// Mode: Normal top=0xFF
```

```
// OC0 output: Disconnected
```

```
TCCR0=0x00;
```

```
TCNT0=0x00;
```

```
OCR0=0x00;
```

```
// Timer/Counter 1 initialization
```

```
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer1 Stopped
// Mode: Normal top=0xFFFF
// OC1A output: Discon.
// OC1B output: Discon.
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
// Timer1 Overflow Interrupt: Off
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
TCCR1A=0x00;
TCCR1B=0x00;
TCNT1H=0x00;
TCNT1L=0x00;
ICR1H=0x00;
ICR1L=0x00;
OCR1AH=0x00;
OCR1AL=0x00;
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0x00;
```

```
// Timer/Counter 2 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer2 Stopped
// Mode: Normal top=0xFF
// OC2 output: Disconnected
ASSR=0x00;
TCCR2=0x00;
TCNT2=0x00;
OCR2=0x00;
```

```
// External Interrupt(s) initialization
// INT0: Off
// INT1: Off
// INT2: Off
```

```
MCUCR=0x00;
MCUCSR=0x00;

// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
TIMSK=0x00;

// USART initialization
// USART disabled
UCSRB=0x00;

// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
ACSR=0x80;
SFIOR=0x00;

// ADC initialization
// ADC Clock frequency: 500.000 kHz
// ADC Voltage Reference: AVCC pin
// ADC High Speed Mode: Off
// ADC Auto Trigger Source: ADC Stopped
ADMUX=ADC_VREF_TYPE & 0xff;
ADCSRA=0x84;
SFIOR&=0xEF;

// SPI initialization
// SPI disabled
SPCR=0x00;

// TWI initialization
// TWI disabled
TWCR=0x00;

// Alphanumeric LCD initialization
// Connections are specified in the
```



```
// Project|Configure|C Compiler|Libraries|Alphanumeric LCD  
menu:
```

```
// RS - PORTC Bit 0  
// RD - PORTC Bit 1  
// EN - PORTC Bit 2  
// D4 - PORTC Bit 4  
// D5 - PORTC Bit 5  
// D6 - PORTC Bit 6  
// D7 - PORTC Bit 7  
// Characters/line: 16  
lcd_init(16);
```

```
while (1)
```

```
{  
    if ( i < 4 ) // LOOP 3 KALI  
    {
```

```
        in = read_adc(1);  
        vin = (in * (5.0/1023.0));  
        in2 = read_adc(2);  
        vin2 = (in2 * (5.0/1023.0));
```

```
        lcd_gotoxy(0,0);  
        sprintf(lcd_buffer1,"V1: %.2f VOLT ",vin);  
        lcd_puts(lcd_buffer1);  
        delay_ms(500);  
        lcd_gotoxy(0,1);  
        sprintf(lcd_buffer,"V2: %.2f VOLT ",vin2);  
        lcd_puts(lcd_buffer);  
        delay_ms(500);
```

```
  
        if ( PINB.0 == 1 && i3==0 ) // DARI MIKRO 2  
        { PORTB.2 = 0 ; // SOLENOID 5 ON  
          PORTB.0 = 0; // DARI MIKRO 2 DI OFFKAN  
          i1 = 1;
```



```
i2 = 1;  
i++;  
PINB.1 =0;  
}
```

```
if (i >4 )  
{  
i1= 10 ;  
i2 =10;  
}
```

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Bambaesa 27 april 1995. Ber alamat kelurahan bambaesa kecamatan poleang timur. Pada tahun 2007, penulis menyelesaikan pendidikan di SDN 2 bambaesa. Pada tahun 2010 menyelesaikan pendidikan tingkat menengah pertama SMPN 2 Poleang timur kabupaten bombana. Tahun 2013 menyelesaikan pendidikan di SMAN 1 Poleang Timur kabupaten Bombana. Pada tahun 2017 ini, penulis mampu menyelesaikan gelar ahli madya di Program Studi D3 Teknik Instrumentasi, Departemen Teknik Instrumentasi, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis berhasil menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Rancang bangun sistem pengendalian Level minyak berbasis *microcontroller* 8535 pada tangki Transesterifikasi *mini plant* biodiesel di *workshop instrumentasi*”. Bagi pembaca yang memiliki kritik dan saran mengenai tugas akhir ini, dapat menghubungi penulis melalui email andi_faturahmand@yahoo.com